

Anat.

210

d

Anat.
210d

Heiberg

Xerokopieren aus konservato-
rischen Gründen nicht erlaubt
Nur im Lesesaal benutzbar

26. JAN. 2017

Bayerische Staatsbibliothek



<36645172520017



NB

UEBER DIE
DREHUNGEN DER HAND.

HISTORISCH UND EXPERIMENTELL

BEARBEITET

VON

DR. JACOB HEIBERG,

O. Ö. PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER KÖNIGL. NORWEGISCHEN FREDRIKS-UNIVERSITÄT ZU CHRISTIANIA.

MIT 36 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

WIEN UND LEIPZIG.
URBAN & SCHWARZENBERG.

1884.

1/3

B

URBAN & SCHWARZENBERG IN WIEN UND LEIPZIG.

Biographisches Lexikon

der

hervorragenden Aerzte

aller Zeiten und Völker.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. *A. Anagnostakis*, Athen — Prof. *E. Albert*, Wien — Prof. *Arndt*, Greifswald — Prof. *K. Bardeleben*, Jena — Dr. *Billings*, Washington — Prof. *Arn. Cantani*, Neapel — Prof. *Caspary*, Königsberg — Prof. *Christiani*, Berlin — Prof. v. d. *Corput*, Brüssel — Prof. *Corradi*, Pavia — Prof. *E. v. Cyon*, Paris — Dr. *C. E. Daniels*, Amsterdam — Primararzt Dr. *Englisch*, Wien — Prof. *Eulenburg*, Berlin — Doc. *Falk*, Berlin — Prof. v. *Fleischl*, Wien — Dr. *G. Fritsche*, Warschau — Oberstabsarzt *Frölich*, Leipzig — Prof. *Giné Partagas*, Barcellona — Docent *Grünfeld*, Wien — Prof. *Gurlt*, Berlin — Geh. Med.-Rath *H. Häser*, Breslau — Prof. *Hedenius*, Upsala — Dr. *Helmreich*, Augsburg — Prof. *O. Hjelt*, Helsingfors — Prof. *Husemann*, Göttingen — Doc. *Jacobi*, Breslau — Dr. *Janovsky*, Prag — Prof. *Kleinwächter*, Prag — Prof. *Kollmann*, Basel — Prof. *Kronecker*, Berlin — Doc. *Kroner*, Breslau — Docent *Kuessner*, Halle. — Prof. *Loebisch*, Innsbruck — Prof. *Lucae*, Berlin — Prof. *Magnus*, Breslau — Prof. *Marchand*, Marburg (Hessen) — Prof. *J. Müller*, Erlangen — Prof. *Munk*, Berlin — Span. Arzt Dr. *Nadal de Mariezcurrena*, Wien — Prof. *Oettinger*, Krakau — Prof. *Panum*, Kopenhagen — Dr. *Petersen*, Kopenhagen — Arzt *Proksch*, Wien. — Prof. *Puschmann*, Wien — Dr. *Max Salomon*, Berlin — Prof. *Samuel*, Königsberg — Prof. *Santero-Baumbergen jun.*, Madrid — Prof. *Scheuthauer*, Budapest — Prof. *Schwimmer*, Budapest — Prof. *F. Seitz*, München — Prof. *Stieda*, Dorpat — Dr. *W. Stricker*, Frankfurt a. M. — Prof. *Uffelman*, Rostock — Dr. *L. Unger*, Wien — Prof. Dr. *Winter*, Leipzig

und unter Special-Redaction von

Dr. A. WERNICH,

Docent an der Universität Berlin,

herausgegeben von

Dr. AUGUST HIRSCH,

Professor der Medicin zu Berlin.

Erscheint in ca. 4 Bänden von je 45—50 Druckbogen.

Die Ausgabe findet in Heften à 4—5 Druckbogen statt.

Erschienen sind Heft 1—6.

Preis pro Heft 1 M. 50 Pf. = 90 kr. ö. W.

UEBER DIE
DREHUNGEN DER HAND.

HISTORISCH UND EXPERIMENTELL

BEARBEITET

VON

DR. JACOB HEIBERG,

O. Ö. PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER KÖNIGL. NORWEGISCHEN FREDRIKS-UNIVERSITÄT ZU CHRISTIANIA.

MIT 36 IN DEN TEXT GEDRUCKTEN HOLZSCHNITTEN.

WIEN UND LEIPZIG.
URBAN & SCHWARZENBERG.
1884.



Alle Rechte vorbehalten.

Vorwort.

Schon seit Jahren, ich kann fast sagen, schon während meiner Studienzeit fand ich keine rechte Befriedigung bei der überall docirten Lehre über die Pronation und Supination, dass der Radius allein diese Bewegungen ausführen sollte; mir kam es sogar vor, als ob die Ulna bei den Drehungen meiner eigenen Hand einen noch grösseren Ausschlag gab als der Radius. Nachdem ich mich mehr eingehend mit der Gelenklehre beschäftigt habe, gelangen mir im vorigen Jahre die hierselbst beschriebenen Pinselversuche, durch welche man im Stande ist, die Excursionen der Vorderarmknochen graphisch darzustellen und ich glaube dadurch der Lösung der Frage näher gerückt zu sein. Die Versuche wurden weiter und weiter ausgedehnt und ich fing an, erst nachträglich, wie es gewöhnlich geschieht, die ältere Literatur zu studiren. Hatte das Problem als solches mich schon interessirt, so verschafften mir auch die literarischen Studien viel Freude. Ich fand wenig beachtete Angaben der älteren Zeit, constatirte auch eine gewisse Sonderung zwischen der neueren deutschen und der französischen Literatur derart, dass die deutschen Anatomen sich sehr kühl gegen französische Anschauungen, wie diejenigen z. B. von Duchenne, verhielten.

Bei dieser Sachlage fand ich Veranlassung dazu, ausser dem Resultate meiner Versuche auch die Früchte meiner literarischen Studien zu veröffentlichen, um besonders den älteren Autoren gerecht zu werden. Es hat gewisse Schwierigkeiten an einer Universität so jungen Datums wie die unserige

IV

(1811 gestiftet), die ältere Literatur zu sammeln; durch die Liebenswürdigkeit des hiesigen Universitätsbibliothekars Herrn Drolsum und der bekannten Leipziger Firma J. C. Hinrichs war ich jedoch im Stande, die Lücken zu füllen, insoweit, dass ich hoffe, nichts Wesentliches übersehen zu haben. Rein anatomische Fragen werden ausserdem nicht oft literarisch behandelt und sowohl in diesem Umstande als auch in der erwähnten geringen Berücksichtigung jüngerer sowohl als älterer Schriftsteller auf diesem Gebiete bitte ich meine geehrten Collegen die Berechtigung der folgenden zum Theil ausgiebigen Citate zu finden. Dieselben geben ein Stück Geschichte der Anatomie und nach meinem Dafürhalten kein uninteressantes. Das Capitel über die Literatur ist jedoch schon so voluminös geworden, dass ich davon Abstand nehmen musste, die Specialarbeiten jüngeren Datums, wie z. B. diejenigen von Lecomte, Braune-Flügel, Koster, Einthoven, u. A. in Extenso wiederzugeben, obschon gerade die Arbeiten der zwei letztgenannten Herren nicht leicht zugänglich gewesen sind.

Christiania im Februar 1884.

Jacob Heiberg.

INHALT.

	Seite
Vorwort	III
Capitel I.	
Geschichte der Lehre von der ausschliesslichen Radiusdrehung	1
Capitel II.	
Geschichte der Lehre von der Betheiligung der Ulna an der Drehung	7
Capitel III.	
Geschichte der Lehre von der Betheiligung des Humerus an der Drehung	11
Capitel IV.	
Berücksichtigte Literatur	13
Capitel V.	
Kritische Versuche über die herrschende Lehre	52
Capitel VI.	
Weitergehende Versuche	60
Capitel VII.	
Incongruenz der Gelenktheile	78
Capitel VIII.	
Modelle	82
Capitel IX.	
Muskelwirkung	85
Capitel X.	
Verschiedenes	87

Capitel I.

Geschichte der Lehre von der ausschliesslichen Radiusdrehung.

Die herrschende Ansicht über die Drehung der Hand ist diejenige, nach welcher der Radius allein die Bewegung ausführt und zwar um eine Axe, welche vom Capitulum Radii bis nach dem Capitulum Ulnae läuft. Die ersten Spuren dieser fast allgemein angenommenen Lehre lassen sich bis zu Galen verfolgen, hat sich auch wenig angefochten bis zu unseren Tagen erhalten; erst im achtzehnten Jahrhundert findet man einige Angaben über die Betheiligung der Ulna an der Drehung der Hand, dann noch Andeutungen von einer Betheiligung des Humerus; dieselben haben aber keinen Einfluss auf die an den Hochschulen der verschiedenen Länder vorgetragene Lehre ausgeübt, insoweit man von den Handbüchern der bewährtesten Lehrer schliessen kann. Es wird Einem nämlich auffallend sein, dass die gebräuchlichen Lehrbücher der Anatomie, ja Specialwerke über Knochen und Gelenke, bis in die neueste Zeit, selbst die Möglichkeit einer Betheiligung der Ulna an der Drehung der Hand kaum erwähnen, obschon verschiedene Forscher sich darüber geäussert haben.

Um dem geneigten Leser ein übersichtliches Bild von der Entwicklung der Lehre von der Drehung der Hand zu verschaffen, referire ich, soviel meine literarischen Hilfsquellen es erlauben, zuerst diejenigen Schriftsteller, welche nur eine Bewegung des Radius voraussetzen, dann diejenigen, welche auch der Ulna resp. dem Humerus einen Antheil daran geben. Für die ausschliessliche Radiusdrehung äussern sich die Folgenden:

Galenus ¹⁾ (131—210 [?] p. C.) schreibt schon, dass der Radius sich um seine eigene Axe dreht und die Pronation und Supination der Hand beherrscht.

Theophilus Protospatharius ²⁾ (603—641) lässt den Radius allein die Drehung vollführen.

Bei Vesalius ³⁾ (1514—1563) findet sich Folgendes: „Während die Ulna gegen den Humerus festgehalten, wird der Radius pronirt und supinirt.“

Realdo Columbo ^{4a)} († 1559) lässt nur den Radius sich bewegen, während die Ulna in Ruhe ist.

Riolanus filius ^{4b)} (1577—1657) gibt an, dass der Radius um die unbewegliche Ulna pronirt und supinirt wird.

B. S. Albinus ⁷⁾ (1697—1770) schreibt, dass der Radius sich um die unbewegliche Ulna dreht.

Bertin ⁸⁾ (1712—1781) ist entschieden der eifrigste Vertheidiger der Theorie der ausschliesslichen Drehung des Radius. Derselbe sagt, S. 230, „dass der Radius mit seinem unteren Ende einen Bogen um die Ulna beschreibt“, S. 256, „dass die Ulna gar keine seitliche Bewegung vollführt“, ferner, „dass es ein unstreitbares Axiom ist, dass die Ulna das unverrückbare Centrum der Bewegung der Pronation und Supination ist“. Der Verfasser hebt auch besonders hervor, dass die von vielen Schriftstellern angenommene Bewegung der Ulna nur eine Illusion sei, und vergleicht die scheinbare Bewegung des Ulnaköpfchens mit der eingebildeten Ortsveränderung der Himmelskörper, wenn opake Körper zwischen sie und unsere Augen kommen; einen anderen Vergleich zieht er in der scheinbaren Bewegung des Ufers, wenn wir an einem Schiffe vorbeigleiten. Bertin führt weiter an, dass die Ulna durch eine so regelmässige Charnière, deren Höhlen und Hervorragungen genau aneinander passen, mit dem Humerus verbunden, dass jede Bewegung von einer Seite zur anderen unmöglich sei. Bei der Supination und der Pronation fühle man auch an mageren Individuen nicht die geringste Bewegung in der Charnière der Ulna. Am entfleischten Arme, von welchem der Radius entfernt, konnte Bertin nicht die geringste seitliche Bewegung der Ulna gegen den Humerus spüren, und schliesst mit dem Worte, dass die Bewegung, welche man am unteren Ende der Ulna während der Pronation und Supination beobachte, nur ein Schein sei.

G. Friedrich Hildebrandt ¹⁰⁾ (1764—1816) spricht nur von einer Bewegung des Radius und geht davon aus, dass die Ulna bei der Pronation und Supination unbeweglich bleibe.

J. F. Meckel ¹³⁾ sagt wörtlich, dass die Ellenbogenröhre fast unverändert in ihrer Lage bleibe, spricht sich aber auch nicht weiter über die Bewegung der Ulna aus.

A. M. Meyer ¹⁴⁾ bemerkt, dass das Ellenbogenbein gebeugt und gestreckt werden könne, des Höckerfortsatzes wegen aber zum Drehen unvermögend sei.

Bourguery ¹⁵⁾ sagt, dass der Radius allein beweglich sei und an der unbeweglichen Ulna die Bewegung der halben Drehung ausführe.

Rosenmüller ¹⁶⁾ schreibt, dass der Radius oben um einen an der Ulna befindlichen Bandring, unten aber um die Ulna drehe.

Nach Berres ¹⁷⁾ kommt die Beweglichkeit zwischen den Vorderarmknochen allein der Armspindel zu.

Sömmering ¹⁸⁾ gibt ganz nüchtern an, dass „die Speiche sich in der Richtung ihrer Längsaxe um das Ellenbogenbein, sowohl nach innen, als nach unten dreht“.

M. J. Weber ¹⁹⁾ beschreibt denselben Vorgang, nach welchem der Radius allein sich dreht.

F. O. Ward ²⁰⁾ gibt den hinten (Fig. 1) abgedruckten Holzschnitt und äussert sich für die ausschliessliche Drehung des Radius; seine Zeichnung ist in vielen, besonders englischen, Lehrbüchern wiedergegeben.

Brinton ²¹⁾ gibt dieselbe Axe an wie Ward, schreibt zwar dem Radius den grössten Antheil an der Drehung zu, spricht aber von einer gewissen Drehung des Humerus.

G. M. Humphry ²²⁾ zieht die Axe von der Mitte des äusseren Knorrens des Humerus zum unteren Ende des Ringfingers, sagt aber auch, dass das untere Ende der Ulna möglicherweise eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne der Bewegung des Radius vollführe, welche Bewegung aber unter gewöhnlichen Umständen überhaupt nicht stattzufinden scheine. Humphry citirt auch Ward. ²⁰⁾

Nehmen wir die beiden grösseren deutschen Specialarbeiten über die Gelenklehre, diejenigen von Henke ²³⁾ und Meyer ³²⁾ vor uns, so finden wir die oben angegebene Meinung, nach welcher die Drehung der Hand um die gewöhnlich angenommene

Axe vor sich geht, ganz deutlich ausgedrückt. Bei Henke²³⁾ liest man unter Anderem: „der Radius dreht sich oben um sich selbst, unten um die Ulna, oder einfach um eine Axe, die durch sein oberes Ende und das untere Ende der Ulna geht“. Dabei bringt Henke einen dieser Auffassung entsprechenden Holzschnitt an (Fig. 2).

Derselben Meinung schliesst sich G. Hermann v. Meyer³²⁾ an, welcher die Drehaxe des Radius in dem Capitulum ulnae (etwas näher dem Proc. styl. ulnae) enden lässt.

H. v. Luschka²⁴⁾ demonstriert zwar, dass der Radius sich um die Ulna drehe, erwähnt aber auch eine Betheiligung des Humerus.

J. Lie²⁶⁾ spricht nur von einer Bewegung des Radius, nicht von einer der Ulna.

Beaunis et Bouchard²⁷⁾ geben an, dass der Radius allein beweglich sei (Fig. 3).

B. Anger²⁸⁾ sagt wörtlich dasselbe und gibt dieselbe Figur wieder.

Hueter²⁹⁾ scheint davon auszugehen, dass sich der Radius um die feststehende Ulna bewege (Fig. 4).

Chr. Aeby³⁰⁾ berichtet: „An den genannten Verschiebungen nimmt ihrer festen Stellung wegen die Ulna gewöhnlich keinen Antheil, so dass dieselben fast ausschliesslich dem Radius angehören“. In diesen Worten findet sich somit eine Reservation, welche aber weiter nicht erklärt wird.

J. Cruveilhier³¹⁾ citirt Winslow⁵⁾, Bertin⁸⁾ und Vicq-d'Azyr¹¹⁾ und schliesst eine längere kritische Auseinandersetzung mit folgenden Worten: „die Ulna ist den Bewegungen der Pronation und Supination vollständig fremd“.

Hermann Welcker³⁵⁾ gibt in zwei Zeichnungen (Fig. 5 und 6) den besten Ausdruck der herrschenden Lehre von der ausschliesslichen Drehung des Radius.

W. W. Wagstaffe³⁶⁾ sagt, dass der Radius unten um einen dem Proc. styloid. ulnae sehr nahe stehenden Punkt rotire, und dass die ganze Pronation und Supination dadurch zu Stande gebracht werde.

In Hoffmann's Lehrbuch³⁷⁾ findet man die gewöhnliche Angabe der ausschliesslichen Radiusdrehung.

Hyrtl³⁸⁾ geht auch von derselben Ansicht aus.

W. Krause ³⁹⁾ schreibt: „Bei der Drehung des Radius bleibt die Ulna ruhen. Bei starker Pronation und Supination des ausgestreckten Armes wird auch der Oberarm im Schultergelenke nach innen oder aussen um seine Axe gerollt“.

Im grossen Werke von Henry Morris ⁴⁰⁾ findet man auch die nämliche Ansicht von der ausschliesslichen Drehung des Radius vertreten. Diejenige Axe, um welche die Pronation und Supination vor sich geht, stimmt oben mit der Axe des Kopfes und Halses des Radius überein, dieselbe verlässt aber den Radius unterhalb der Tuberositas bicipitalis, kreuzt sich mit der Membrana interossea und geht durch das untere Ende der Ulna nach unten nach dem dritten Finger. Man sieht wie übereinstimmend mit älteren Angaben dieses ziemlich neue Werk die Axe und die Mechanik der Bewegung beschreibt. Jedoch fügt Morris hinzu, dass eine gewisse Drehung „of the humero-ulnar shaft“ vorkomme, geht aber auf die Mechanik dieser Drehung nicht weiter ein.

Bei Pansch ⁴²⁾ findet man, dass das untere Ende des Radius um das gleichnamige Ende der Ulna dreht. Der Verfasser erwähnt auch die Drehung des Humerus (Fig. 7).

Rob. Hartmann ⁴³⁾ sagt wörtlich u. A.: „Der Radius dreht sich um die festeingestellte Ulna.“

Braune und Flügel ⁴⁴⁾ kommen in einer Specialarbeit zu dem Resultate, dass die Lecomte'sche ³³⁾ Ansicht (s. Cap. II) über Mitbetheiligung der Ulna bei der Pronation und der Supination unrichtig sei, dass der Radius allein sich um die Ulna bewege, und dass die Excursion des Radius 150—160° betrage.

Quain ⁴⁶⁾ gibt die oben erwähnte Axe an, und schreibt dem Radius allein die Ausführung der Pronation und Supination zu.

C. Langer ⁴⁷⁾ gibt auch die Axe an, ohne eine Betheiligung der Ulna an der Pronation und Supination zu erwähnen.

Turner ⁴⁸⁾ schliesst sich auch der allgemeinen Meinung an.

Ellis ⁴⁹⁾ stützt sich auf die Auffassung von Ward ²⁰⁾ und beschreibt den allgemein angenommenen Vorgang.

Gray ⁵⁰⁾ lässt auch den Radius allein rotiren.

Heitzmann ⁵¹⁾ hat eine Zeichnung (Fig. 8), aus welcher es ganz deutlich hervorgeht, dass Heitzmann eine unbewegliche Ulna annimmt.

Das ganz neue Buch von Gegenbaur ⁵⁴⁾ spricht nur von einer Rotation des Radius.

Wenn man diese Uebersicht liest oder die betreffenden Originalarbeiten durchforscht, so wird man bemerken, dass die Angaben bei den einzelnen Schriftstellern gewöhnlich isolirt dastehen, mit anderen Worten, dass auf frühere sowohl übereinstimmende als entgegengesetzte Anschauungen wenig geachtet ist; die benutzten Ausdrücke und Wendungen sind durchgehend sehr verschieden und nur die übereinstimmende Auffassung der Autoren aus den drei grossen Culturländern lässt an eine Ueberlieferung durch das mündliche Wort denken. Eine literarische Zusammenstellung möchte gerade durch diesen Umstand ein gewisses Interesse beanspruchen.

Capitel II.

Geschichte der Lehre von der Betheiligung der Ulna an der Drehung.

Für die Betheiligung der Ulna hat sich in früheren Zeiten, soweit ich gefunden, Niemand ausgesprochen. Was man in den letzten Jahrhunderten darüber findet, erscheint auch fast nur in Specialwerken und selten in den Handbüchern der systematischen Anatomie. Eine Ausnahme macht J. Cruveilhier.³¹⁾

Winslow⁵⁾ (1669—1760) hat in seinen Mittheilungen an die Akademie der Wissenschaften in seiner Exposition anatomique tome II, pro 995 behauptet, dass das Carpalende der Ulna sich bei der Pronation und Supination deutlich bewege, dass dasselbe einen halben Kreis beschreibe im entgegengesetzten Sinne desjenigen Kreises, welches das untere Ende des Radius beschreibe. Der Verfasser lässt auch den Humerus sich an der Drehung betheiligen.

A. Monro der Vater⁶⁾ (1697—1767) giebt schon an, dass die Ulna die Bewegung des Radius durch eine Art von unbedeutender Drehung unterstütze. Diese seitliche Bewegung sei besonders am unteren Ende des Knochens zu sehen.

J. Fr. Blumenbach⁹⁾ (1752—1840) lässt die Ulna bei der Pronation in etwas dem Radius nachfolgen.

Vicq-d'Azyr¹¹⁾ (1748—1794) hat folgende Versuche angestellt: 1. Der ganze Arm wird entblösst, der Vorderarm gebogen und von einem kräftigen Gehilfen oben am humeralen Ende mit beiden Händen festgehalten, der Processus styloideus ulnae oberhalb einer festen Nadel an einem Tische fixirt. Wenn jetzt sanfte Drehbewegungen der Hand ausgeführt wurden,

beobachtete Vicq-d'Azyr, dass die Ulna mit der Nadel zu correspondiren aufhörte, und dass sich der Knochen während der Pronation der Nadel näherte, und sich während der Supination von derselben entfernte. 2. Wenn man den gebogenen Arm auf eine horizontale Platte von Töpferthon legt, so bildet sich im Thone eine schräge Vertiefung während der Pronation, aber nicht bei der Supination. Die einfache Anschauung lässt auch nicht den geringsten Zweifel über die Bewegung der Ulna bei dieser Gelegenheit. Um die Bewegungen der Ulna genauer zu präcisiren, schreibt Vicq-d'Azyr: Winslow ist der Einzige, welcher versucht hat hierüber Rechenschaft abzulegen; denn die Verfasser vor ihm hatten dieselben als laterale Bewegungen im Ginglymus des Ellenbogengelenkes aufgefasst. Winslow lässt den Humerus sich an der Drehung betheiligen; diese Anschauung sei aber nach Vicq-d'Azyr falsch, weil man beim gebogenen Vorderarm Drehbewegungen ausführen kann. Vicq-d'Azyr gibt auch zum ersten Male exact die Axe der Radiusdrehung an, so wie diese noch in den meisten Handbüchern beschrieben wird.

Boyer¹²⁾ (1757—1833) nimmt einen mit Vicq-d'Azyr sehr übereinstimmenden Standpunkt ein. Ohne Jemanden zu citiren, gibt Boyer ganz deutlich an, dass das untere Ende der Ulna einen Kreisbogen im entgegengesetzten Sinne des unteren Endes des Radius beschreibe. Auch dem Humerus gibt Boyer einen gewissen Antheil bei der Drehung der Hand.

G. M. Humphry²²⁾ äussert, dass die Ulna vielleicht unter schnellen und starken Bewegungen eine kleine Beugung im entgegengesetzten Sinne der Bewegung des Radius vollführe; unter gewöhnlichen Umständen scheine dies überhaupt nicht stattzufinden.

Bei Duchenne (de Boulogne)²⁵⁾ findet sich Folgendes: Die unteren Extremitäten des Radius und der Ulna beschreiben während der Pronation und der Supination zwei Kreisbögen im entgegengesetzten Sinne und von gleicher Grösse. Duchenne befestigt am unteren Ende seiner eigenen Ulna einen 10—15 Ctm. langen Stift, sieht denselben sich während der Pronation bewegen und findet, dass der Radius, wenn man die Ulna festhält, während der Drehung der Hand in der Bewegung beeinträchtigt ist. Die gemeinsame Axe sei nach Duchenne verschiebbar.

Lecomte³³⁾ und³⁴⁾ hat zwei grössere Mittheilungen gegeben, die erste im Jahre 1874, die zweite im Jahre 1877. In diesen nimmt er eine etwas isolirte Stellung ein, insofern er jeden Versuch am Cadaver verwirft. Nichtsdestoweniger gibt er einen Versuch am Lebenden an, welcher Versuch als ein wahrer Fortschritt angesehen werden muss. Derselbe besteht darin, dass ein runder, knapper, mit einem Gelenk versehener, dem Durchmesser des Vorderarms entsprechender Metallring unten am Handgelenke angelegt, die Pronation und Supination nicht unmöglich macht, was man, im Falle, dass sich der Radius um die unbewegliche Ulna drehte, erwarten müsste. Lecomte lässt mit Duchenne die beiden Vorderarmknochen um eine gemeinsame Axe drehen und gibt übereinstimmend mit diesem Verfasser an, dass die Axe sich nach Bedarf verschieben könne.

Gerdy⁴¹⁾ gibt experimentell an, dass die beiden Vorderarmknochen eine gemeinsame Axe haben, dass man die verschiedenen Finger gegen eine Mauer fixiren und in die Verlängerung des beweglichen Armes legen könne. Beim fixirten zweiten Finger beschreibt der Radius einen so kleinen Kreis, dass es scheint, als ob derselbe um seine eigene Axe rolle, während das Köpfchen der Ulna einen grossen Kreis beschreibt. Die beiden Kreisbögen können gegenseitig wechseln, und wenn die Hand um den fünften Finger gedreht wird, so beschreibt der Radius den grössten Kreis.

Samuel Pozzi, Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales, dirigée par A. Dechambre, articulations radio-cubiales, referirt Vicq-d'Azyr, Cruveilhier, Duchenne, Gerdy, Ward und Humphry.

Koster⁵²⁾ und⁵³⁾ hat im Jahre 1880 und 1882 Mittheilungen über die Bewegung der Ulna bei der Pronation gegeben. In der ersten theilt er mit, dass man die Hand so drehen kann, dass sowohl der Radius sich um die unbewegliche Ulna bewegt, als auch die beiden Knochen rotiren kann. Im ersten Falle ist der Halbmesser des bei dieser Bewegung von dem Radius beschriebenen Halbkreises doppelt so gross als in letzterem Falle. Koster fasst die *Articulatio humero-ulnaris* als ein Sattelgelenk auf, welches auch eine um eine senkrecht auf die der gewöhnlichen Charnièrebewegung stehende Axe erfolgende Bewegung nach aussen und innen zulässt. In der zweiten Arbeit äussert Koster, dass die seitliche Bewegung der Ulna bei der

Pronation und Supination schon als Postulat von dem Gelenkmechanismus erwartet werden müsse, und dass eine seitliche Bewegbarkeit der Ulna nachweislich vorhanden sei.

Koster macht den folgenden Versuch. Nach Einklemmung des Humerus in eine Schraube wird eine Schnur an das untere Ende des Radius an einem Stifte in der unteren Gelenkfläche desselben befestigt, möglichst in der Mitte des Abstandes zwischen Proc. styl. radii et ulnae und mit dieser Schnur wird die Ulna an ein Stativ befestigt, so dass sie einen festen Stand einnimmt. Der Unterarm soll dabei in einer Beugung von ungefähr 60 Grad in der Luft schweben, ohne dass die Ulna dabei etwas zu tragen hat. In dem Radius wird senkrecht auf seine Längsaxe eine lange Nadel befestigt, mit deren Hilfe die Bewegungen ausgeführt werden können. Lässt man nun den Radius aus der Stellung der äussersten Supination langsam in die der vollkommenen Pronation sich bewegen und stellt sich dabei so, dass man das untere Ende der Ulna mit einem Auge ansieht, so dass die Blicklinie in der Richtung von oben nach unten mit dem Rande des Tischbeines zusammenfällt, dann sieht man zuerst die Ulna in die Richtung dieser Linie nach oben gehen; wenn die Pronation bis zu 60 Grad gediehen ist, folgt eine Bewegung der Ulna seitwärts, die plötzlich stark zunimmt, wenn der Radius an die andere Seite der Ulna gelangt ist. Das Ende der Ulna beschreibt bei der seitlichen Bewegung einen Kreisbogen nach oben. Im Beginne der Pronation zieht der um das Capitulum ulnae nach oben laufende Radius die Ulna mehr nach oben und wenn er an die andere Seite der Ulna gekommen ist, drängt er sie auf die Seite. Wenn die *Articulatio humero-ulnaris* ein reines *Ginglymusgelenk* wäre, würde dieses nicht möglich sein.

Capitel III.

Geschichte der Lehre von der Betheiligung des Humerus an der Drehung.

Obschon eine Vergrösserung des Ausschlages der Drehung der Hand durch eine Rotation des Humerus im Schultergelenke von Jedem als möglich zugegeben werden muss, so hat eine solche Drehung jedoch nichts mit dem Mechanismus der radio-ulnaren Gelenke zu thun. Aber für die Drehung der Hand hat diese Bewegung des Humerus eine Bedeutung, und diejenigen Schriftsteller, welche sich in dieser Richtung ausgesprochen haben, werden deswegen hierselbst berücksichtigt.

Winslow ⁵⁾ (1669—1760) spricht sich deutlich für eine Betheiligung des Humerus an der Drehung des Vorderarmes aus.

A. Monro der Vater ⁶⁾ (1697—1767) bemerkt, dass wir bei einer ausgiebigen Drehung der Hand auch die Rotation des Humerus benutzen, und bisweilen die Wirbelsäule und die untere Extremität verwenden, um die Pronation und Supination der Hand gross genug zu machen.

J. F. Blumenbach ⁹⁾ erwähnt kurz eine Drehung des Oberarmes.

Vicq-d'Azyr ¹¹⁾ und Boyer ¹²⁾ sprechen beide von einem Antheil des Humerus an der Drehung.

Brinton ²¹⁾ schreibt zwar dem Radius den grössten Antheil an der Drehung der Hand zu, lässt aber auch den Humerus einen gewissen Antheil daran nehmen.

Henke ²³⁾ sagt, dass sich die Hand, wenn sie gerade herabhängt, durch Schulter- und Radiusbewegung zugleich um dieselbe senkrechte Linie drehen könne.

Luschka ²⁴⁾ bemerkt, dass man im Stande sei, durch die Rotation der ganzen Extremität im Schultergelenke ohne Drehung des Radius die Hand in Pronation und Supination zu stellen.

F. Krause ³⁹⁾ erwähnt die Drehung des Humerus.

Morris ⁴⁰⁾ spricht ganz kurz von einer Drehung „of the humero-ulnar shaft“.

Pansch ⁴²⁾ gibt an, dass eine weitergehende Drehung der Hand ausser der Rotation um die feststehende Ulna durch die Drehung des Humerus im Schultergelenke bedingt werde.

Einthoven ⁴⁵⁾ nimmt gewissermassen eine Zwischenstellung ein, indem er zwar angibt, dass das untere Ende der Ulna durch die Drehung bewegt werde, meint aber, dass diese Drehung durch kleine Streckungen und Beugungen im Ellenbogengelenke in Verbindung mit kleinen Rotationen des Humerus um seine Längsaxe zu Stande gebracht werde. (Das weitere Cap. X.)

Capitel IV.

Berücksichtigte Literatur.¹⁾

Von der älteren Literatur wird man hierselbst die betreffenden Stellen durch ausführliche Citate wiedergegeben finden. Von den Schriftstellern jüngeren Datums habe ich nur ein orientirendes Resumé für nothwendig erachtet. Ein vor dem Namen gesetztes Res. gibt dieses an.

1. * Claudius Galenus, *Opera omnia, edidit Kühn. Lipsiae 1822, Vol. IV. P. 427.*

Im Vorderarm (πῆχυν, ulna) sind zwei Knochen vorhanden, von welchen der eine denselben Namen wie der ganze Vorderarm, Ulna führt, der andere Radius genannt wird; aber beide articuliren mit dem unteren Ende des Oberarmes, Ulna an der Stelle, wo der innere Knorren, condylus ist. Radius umfasst den äusseren Knorren des Oberarmes, endet in eine runde Gelenkfläche und beherrscht die Drehungen der Hand, während derselbe sich gewissermassen um seine eigene Axe dreht; bewegt er sich nach innen, wird die Hand pronirt, nach aussen aber supinirt.

2. * Theophilus Protospatharius, *de corporis humani fabrica, libri V, edidit Grenhill. Oxford 1842. P. 30.*

Inclinatio vero, supinitas, et ad obliqua conversio per radium ministratur.

3. * Andreas Vesalius, *de corporis humani fabrica. Basel 1543. P. 138.*

Ad hoc caput, quiscute ad humerum ulna, radius in primum supinumque agitur.

¹⁾ Ein Stern * gibt an, dass das Buch mir vorgelegen.

4^a. * Realdi Columbi, *de re anatomica libri XV. Francofurdi 1590.*

Unde manum ipsam modo sursum, modo deorsum inuertere licet, eamque itidem ad latera ducere: cum vero in pronum, ac supinum oblique manum flectimus: id radii merito consequitur, quando is solus quiescente ulna mouetur.

4^b. * Joannes Riolanus, *opuscula anatomica nova. Londini 1649. P. 169.*

Radii articulatio cum externa brachii apophysi non dirigit motum supinum & pronum, sed radii extremitates, cubiti extremis articulatae efficiunt istam radii revolutionem in pronum & supinum, supra cubitum nunc immobilem.

5. * Jacques Benigne Winslow, *Exposition anatomique de la structure du corps humain. Amsterdam 1732. Tome II. P. 336.*

Remarques sur le mouvement de pronation et de supination.

895. On attribue pour l'ordinaire ce mouvement au Rayon seul. On s'imagine que l'Os du Coude n'y a aucune part, & on ne regarde cet Os que comme une Pièce qui sert uniquement d'appui & de base sur laquelle on fait faire au Rayon ces petits tours reciproques, qu'on appelle Pronation & Supination. Enfin on borne ce mouvement à l'action de quatre Muscles, ou tout au plus à cinq; en y rapportant le Biceps.

896. On prétend même avoir vû montrer, avoir soi-même montré, & être toujours en état de montrer clairement & d'une manière incontestable, tant sur le Squelette que sur le Cadavre, ces deux mouvemens reciproques, sans aucun mouvement de l'Os du Coude. De plus, sur cette idée, on a souvent avec une pleine assurance, & en public & en particulier, fait ces mouvemens sur soi-même, pour prouver qu'ils se font avec le Rayon sur l'Os du Coude, & que l'Os du Coude n'y a aucune part.

897. J'ai néanmoins observé, & je l'ai démontré à l'Académie Royale des Sciences, que dans ces mouvemens libres & faits sans contrainte, comme autour d'un axe commun, les deux Os de l'Avant-Bras se meuvent toujours en même tems; c'est-à-dire, par exemple, pendant qu'on tourne le Rayon vers la Poitrine par la Pronation, on en éloigne en même tems l'Os du Coude; & reciproquement quand on éloigne le Rayon par le mouvement de Supination, on en approche en même tems l'Os du Coude. J'entens ceci dans l'attitude de l'Avant-Bras fléchi.

898. Par ce mouvement le Rayon ne fait simplement que rouler de côté & d'autre, de sorte que son extrémité par le mouvement entier de Pronation & de Supination trace comme un demi cercle. Pendant le même tems l'extrémité de l'Os du Coude par un mouvement opposé, trace aussi comme un demi cercle à contre-sens; car pour faire, par exemple, le mouvement de Pronation, on lève & on éloigne en même tems l'extrémité de l'Os du Coude, & pour faire ensuite le mouvement de Supination, on rabaisse d'abord cette extrémité; & on la relève aussitôt en la rapprochant.

899. Ce n'est pas là le tout. Ces petits mouvemens d'haussement, d'abaissement, d'abduction & adduction, que l'extrémité de l'Os du Coude fait dans cette occasion, ne se peuvent exécuter sans un mouvement de Rotation de l'Os du Bras, à cause de l'Articulation Ginglymoïde de l'Os du Coude avec cet Os. Ainsi pour faire la Pronation & la Supination librement, il faut mettre trois Os en mouvement, & par conséquent faire agir en même tems tous les Muscles, qui y ont part; sans encore parler de l'Omoplate qu'il faut aussi tenir ferme pendant cette action.

6. * Alexander Monro, *The anatomy of the human bones and nerves*. Edinburgh 1750. P. 268.

This Bone is also joined to the Ulna by a double *Enarthrosis* the *Radius* being received above, and the *Ulna* below; which, conjunctly considered, form the third Species of *Ginglimus*: But then the Motion performed in these two is very different; for at the upper End, the *Radius* does no more than turn round its Axis; while at the lower, it moves in a sort of *Cycloid*, upon the round End of the *Ulna*; and as the Hand is articulated and firmly connected here with the *Radius*, they must move together. When the Palm is turned uppermost, the *Radius* is said to perform the *Supination*; when the Back of the Hand is above, it is said to be *Prone*. But then the Quickness and large Extent of these two Motions are assisted by the *Ulna*, which, as was before observed, can move with a kind of small Rotation on the sloping Sides of the Pulley. This lateral Motion, though very inconsiderable in the Joint itself, is conspicuous at the lower End of such a long Bone; and the strong Ligament connecting this lower End of the *Carpus*, makes the Hand more ready to obey these Motions. When we design a large

circular Turn of our Hand, we increase it by the Rotation of the *Os humeri*, and sometimes employ the Spine and *inferior Extremities*, to make these Motions of Pronation and Supination of the Hand large enough.

7. * Bernardi Siegfried Albini, *De ossibus corporis humani. Leidæ Batavorum 1757. P. 254.*

Quibus de caussis extremus radius ulnae capitulo suffultus, circum id ipsum in utrumque latus semiorbiculatim converti potest, dum caput ejus superius ad humerum ulnamque se quasi circum axem suam convertit: eoque radius cum recta secundum priorem ulnae partem protendi potest: tum etiam sua superiori parte se convertens, & tamen in eodem loco quasi fixus manens, inde quo propior manui, eo paullatim magis magisque oblique circum ulnam immotam per interiora in posteriora converti & restitui rursus.

8. * Bertin, *Traité d'Osteologie, Tome III. Paris 1783. S. 230.*

Ces deux os ont un mouvement commun de flexion & d'extension; mais le rayon, outre ce mouvement en double sens opposé, en a un particulier par lequel il tourne en deux sens opposés sur l'axe de son extrémité supérieure, pendant que par son extrémité inférieure il décrit un demi-cercle autour du cubitus considéré comme centre de ce mouvement. La main n'étant articulée qu'avec le radius, & n'ayant avec le cubitus que des adhérences lâches qui lui permettent de changer de situation par rapport à lui, suit le radius dans ses mouvemens demicirculaires que cet os décrit par son extrémité inférieure autour du cubitus: c'est ce double mouvement que l'on appelle pronation & supination.

L'on peut regarder le radius dans sa situation naturelle, quand il est presque parallèle, ou dans le même plan horizontal par toute sa longueur avec le cubitus. Il ne se peut éloigner de cet état que nous appellons son état naturel, que par le mouvement de pronation & de supination: sa situation la plus ordinaire est dans un état moyen entre la pronation & la supination; par le mouvement de pronation, l'extrémité inférieure du radius monte en tournant sur l'extrémité inférieure du cubitus; & d'externe qu'il étoit, l'os devient interne par son extrémité inférieure; en même temps le corps de l'os dans toute sa longueur par une ligne oblique, suit ce mouvement qui est d'autant moins sensible, plus l'os s'approche de son extrémité

supérieure, qui, comme nous avons dit, ne fait dans ce mouvement que tourner sur elle même & sur l'éminence arrondie que nous avons observée à l'extrémité inférieure de l'os du bras.

P. 256. De toutes les différentes cavités que nous remarquons dans les os de l'avant-bras, il n'y en a que deux qui servent aux mouvemens de flexion & d'extension de l'avant-bras: telles sont la grande cavité sygmoïde du cubitus & la petite cavité creusée sur la petite tête du radius; les autres ont été construites pour les mouvemens latéraux du radius & pour ceux de la main, je dis pour les mouvemens latéraux du radius, car le cubitus, n'exécute point de mouvement latéral: cette vérité exige de nous quelques réflexions, d'autant plus que des Anatomistes très-célèbres ont proposé un sentiment contraire. C'est plutôt l'amour du vrai & les égards que je dois à leurs écrits, qui m'engagent à proposer ce que je fais sur cette matière, que le desir de paroître d'une opinion contraire à la leur; & j'en ai une trop bonne de leur zèle pour la vérité & de leur candeur, pour craindre qu'ils le trouvent mauvais.

Parmi ceux qui ont prétendu que le cubitus & le radius partagoient entre eux les mouvemens de pronation & de supination, personne que je sache ne s'est efforcé de prouver que ce partage fût égal: tous d'un commun accord conviennent que le cubitus ne participe que très-peu à ces mouvemens; le radius en a toujours été le principal acteur: mais quelques-uns ont prétendu que le cubitus se remuoit un peu, tandis que le radius décrivait la plus grande partie de ces mouvemens: proposition qui affoiblit cette vérité qui me semble un axiome incontestable; que le cubitus est le centre immobile des mouvemens de pronation & de supination.

Ce sentiment, il est vrai, paroît d'abord appuyé sur le témoignage des sens: car, que nous examinions sur nous-mêmes les mouvemens de pronation & de supination, l'on voit qu'à proportion que le radius & la main passent de l'état de pronation à celui de supination; l'on voit, dis-je, que l'éminence interne de l'extrémité inférieure de l'avant-bras, qui n'est autre chose que l'épine, & l'extrémité inférieure du cubitus recouverte de la peau, se remue, devient plus interne & s'élève un peu: fausse illusion de laquelle il est d'autant plus difficile de se défendre, que si l'on applique le doigt sur l'éminence qui paroît se remuer, le doigt est sensiblement entraîné d'arrière en dedans & de

dedans en haut, & que l'on sent l'éminence se remuer sous l'extrémité du doigt.

Deux organes de nos sens semblent dans cette expérience conspirer à nous tromper; la perspective nous séduit, le toucher nous égare; l'un & l'autre nous persuade que pendant que le radius tourne de dedans en dehors, le cubitus tourne d'arrière en dedans. Mais premièrement le toucher nous séduit, parce qu'il nous fait rapporter à l'éminence un mouvement qui ne se fait que dans les chairs & la peau qui sont placées sur l'éminence; le doigt sent bien un mouvement, mais l'esprit rapporte mal à l'os même un mouvement qu'il ne doit attribuer qu'aux chairs qui sont obligées de suivre le radius. Secondement nos yeux mêmes sont trompés en voyant l'éminence se remuer: ce mouvement n'est qu'apparent, semblable en quelque sorte (s'il est permis de comparer les illusions que les objets éloignés font sur nos sens, avec celles des objets qui sont sous nos yeux) au mouvement apparent des étoiles, quand quelques corps opaques passent entre elles & nos yeux; ou au mouvement apparent du rivage, quand nous sommes portés sur un vaisseau: la raison seule & l'expérience nous éclairent sur ces illusions de nos sens.

Il en est presque de même du mouvement apparent de l'extrémité du cubitus: la raison, l'expérience nous démontrent qu'il ne se remue point, & que le mouvement qui fascine nos yeux, ne se passe que dans les chairs & dans le radius. Le cubitus est en effet joint avec l'humerus par une charnière si régulière, et dont les cavités & les éminences s'ajustent avec tant de précision, qu'il est impossible qu'il y ait aucun mouvement d'un côté à l'autre. Or, si cette charnière exactement construite exclut tout mouvement latéral, il est impossible que l'extrémité inférieure de l'os participe aux mouvemens de pronation & de supination. Il est donc prouvé d'abord, c'est à dire, par une suite naturelle des premières notions que nous avons d'une articulation par charnière, que le mouvement de l'extrémité inférieure du cubitus dans la pronation & la supination est impossible.

Mais s'il restoit encore quelque lieu de disputer sur la régularité de la charnière, les faits & les expériences suivantes applanissent toute difficulté, & font un corps de preuves auxquelles il est impossible de ne pas se rendre.

Premièrement, si l'on place le doigt sur l'articulation du coude avec l'humerus dans une personne maigre qui voudra bien se prêter à ces sortes d'expériences, l'on sentira aisément les bords de la charnière dans le temps de la pronation & supination; mais l'on n'y sentira pas le moindre mouvement: si l'on prie la personne sur laquelle se fait l'expérience de faire une très-forte supination & une très-forte pronation, je dis que l'on ne sentira pas, malgré tous les efforts de ses muscles, le moindre mouvement dans la charnière: donc il ne peut pas y en avoir dans l'extrémité inférieure du cubitus.

Quelque concluantes que paroissent ces expériences, elles ne répandent pas toute la lumière que l'on désire pour se décider, parce que la peau & la graisse sont des voiles qui nous cachent le mystère, que nous cherchons à éclaircir. J'ai voulu voir la vérité sans nuage; je l'ai vue & fait voir plusieurs fois à ceux qui ont assisté à mes démonstrations. Pour y réussir, j'ai écarté la peau & toutes les parties molles dont l'avant-bras est recouvert, je n'ai laissé que les capsules ligamenteuses; j'ai mis les deux os de l'avant-bras à découvert dans un sujet bien constitué; j'ai découvert toute l'extrémité inférieure du cubitus; son éminence en forme d'épine & sa petite tête, paroissoit très-clairement, & pouvoit être distinguée des moins connoisseurs. Cela fait, j'ai fait exécuter au radius depouillé, les mouvemens de pronation & de supination, ma main faisant la fonction des muscles pronateurs & supinateurs. Je l'ai fait exécuter par plusieurs des assistans: tous ont remarqué avec moi que le cubitus restoit dans un repos parfait, que le radius étoit le seul os qui opérât ces deux mouvemens; & tous, d'un consentement unanime, nous sommes convenus que l'extrémité du cubitus étoit en effet un centre immobile, autour duquel s'opéroient les mouvemens de pronation & de supination.

Enfin, par surabondance de preuves, j'ai séparé entièrement le radius du cubitus & de l'os du bras; je n'ai laissé que le seul cubitus dans sa situation naturelle. Cela fait, j'ai saisi d'une main le cubitus articulé avec l'humérus; j'ai fait tous les efforts possibles, à droite & à gauche, pour découvrir s'il ne pourroit pas y avoir quelque mouvement latéral; mais je n'en ai apperçu aucun, ni dans la charnière, ni dans l'extrémité inférieure. L'on peut donc regarder comme un point de doctrine suffisamment prouvé ces propositions. 1^o. Que le cubitus ne

se remue point dans la pronation & la supination. 2°. Que le cubitus est un centre immobile autour duquel le radius décrit par son extrémité inférieure un mouvement demi-circulaire en double sens. 3°. Que le mouvement que nous appercevons sur nous mêmes dans l'extrémité du cubitus, quand nous faisons passer l'avant-bras & la main de l'état de pronation à celui de supination, & de l'état de supination à celui de pronation, n'est qu'un mouvement apparent.

9. * Joh. Friedr. Blumenbach, *Geschichte und Beschreibung der Knochen*. Göttingen 1786. P. 390. Bey der Supination, wo nemlich der Daumen nach aussen und hingegen der kleine Finger nach innen gerichtet ist, gibt das obere Ende der Speiche nicht so leicht nach, als bey der Pronation, wo der Daumen nach innen und hingegen der kleine Finger nach aussen, mithin der Rücken der Hand nach vorn oder aufwärts gekehrt ist.

Bey dieser letztern Wendung dreht sich das obere Ende der Speiche einwärts um seine eigene Axe; das untere hingegen beschreibt einen Bogen um das benachbarte Ende der Elnbogenröhre.

Doch bleibt die letztere bey einer ungezwungenen bequemen Pronation, nicht ganz unbeweglich¹⁾, sondern folgt, (— so wie sogar auch die Röhre des Oberarms —) der freylich immer weit stärkern Drehung der Speiche in etwas nach²⁾.

10. * G. Friederich Hildebrandt, *Lehrbuch der Anatomie*. Braunschweig 1789. I. B. S. 455. In der ruhigen Lage des radii ist seine spina der spinae der ulnae zugewandt und der processus styloideus ist schräge nach vorn und ein wenig auswärts gekehrt. Wenn nun der condylus radii sich um seine Axe nach der ulna hin dreht, so wendet sich seine spina weiter nach hinten, und sein unteres Ende wälzt sich so nach innen, dass es nach innen gerückt, und der processus styloideus gerade nach vorn, in stärkerem Grade dieser Bewegung etwas nach innen gekehrt wird. Wenn hingegen der condylus radii sich um seine Axe von der Ulna abdreht, so wendet sich seine spina weiter nach innen und dann nach vorn her, und sein unteres

¹⁾ Wie Bertin und Albinus meynten, jener im Tr. d'Osteologie, T. III. 230 sq., 255 sq., dieser de sceleto pag. 395.

²⁾ Winslow sur la rotation, la pronation et la supination in dem Mém. de l'Ac. des Sc. de Paris 1729, pag. 27 sq.

Ende wälzt sich so nach aussen, dass es nach aussen und nach hinten gerückt, und der processus styloideus nach aussen gekehrt wird.

11. * Vicq-d'Azyr, *Oeuvres publiées par Jacq. L. Moreau (de la Sarthe). Paris 1805, Tome V, Pag. 347 III. Des mouvements de pronation et de supination.*

Les articulations par lesquelles l'os du bras est joint avec ceux de l'avant-bras, et ces derniers entr'eux, sont très-compliquées et difficiles à déterminer. Ceux qui les ont comparées à une charnière et à une coulisse ont eu une bien mauvaise idée d'un aussi beau mécanisme. On sait que le ligament que j'appelle huméro-cubital, la capsule et les trousseaux ligamenteux accessoires, assujétissent tellement l'os du coude, que les mouvemens de flexion et d'extension sont les seuls dont il soit susceptible. Si, pour s'en convaincre, on dépouille absolument l'avant-bras d'un cadavre des chairs qui l'entourent, il est facile de s'assurer, en faisant différens efforts, que l'os du coude ne peut se mouvoir sur les côtés. L'os du rayon suit les mouvemens de ce dernier, avec cette différence que son extension est plus bornée, sa tête restant toujours en avant. De plus, il roule sur lui-même: mais il ne peut s'écarter dans aucune circonstance de l'os du coude, à moins que le ligament coronaire et ces accessoires ne soient rompus ou relâchés. Inférieurement, l'os du coude lui fournit un appui, par le moyen d'une tête sur laquelle il exécute la pronation et la supination. L'axe de ces mouvemens peut être représenté par une ligne qui passeroit du centre de l'éminence radiale de l'os humérus dans le milieu de la tête de l'os du coude qui soutient le rayon. Ces mouvemens expriment dont le segment d'un cône dont la pointe est dirigée vers l'os du bras, et ils en décrivent à peu près une moitié. Les auteurs les plus exacts ont distingué deux espèces de pronation et de supination; la première se fait par le mouvement des deux os de l'avant-bras seulement, et la seconde est augmentée par le roulement de la tête de l'os humérus dans la cavité de l'omoplate. L'attitude qui tient le milieu entre la plus forte élévation, et le plus grand abaissement de l'os du bras, est celle qui favorise le plus la pronation et la supination, parce qu'alors la tête humérale présentant le centre de son hémisphère à sa cavité peut rouler sur elle-même d'une manière plus étendue.

Ces connoissances bien établies nous mènent à la solution du problème. 1^o. *L'os du coude se meut-il dans la pronation et dans la supination ?*

Nous ne nous arrêterons point à parler des auteurs qui ont mal à propos admis la possibilité des mouvemens latéraux du coude dans son ginglime. Il nous suffira de citer, parmi les modernes, les deux anatomistes qui ont donné la description la plus exacte et la plus complète du squelette humain, Winslow et M. Bertin. Le premier a avancé, dans des observations lues à l'académie royale des sciences, et dans son Exposition Anatomique, (tome II, no. 995) que l'extrémité carpienne de l'os du coude se meut sensiblement dans la pronation et la supination, et qu'elle trace un demi-cercle à contre-sens (Ibidem no. 996) de celui que décrit l'os du rayon. Le second regarde le déplacement de l'os du coude dans la pronation et la supination, comme n'étant qu'une apparence trompeuse, (tome III, pag. 345) et semblable en quelque sorte au mouvement dont les étoiles paroissent jouir, lorsque quelques corps opaques passent entr'elles et nos yeux, ou au mouvement apparent du rivage lorsqu'on est porté sur un vaisseau.

Pour décider cette question, rendue indécise par l'opposition de deux anatomistes aussi célèbres, j'ai fait les tentatives suivantes.

1^o. Le bras et l'avant-bras ayant été mis absolument à nu, et l'avant-bras ayant été fléchi et maintenu vers son extrémité humérale par une personne vigoureuse qui l'embrassoit avec les deux mains, j'ai placé l'apophyse stiloïde cubitale au-dessus d'une pointe fixée sur une table ; ayant ensuite roulé doucement la main sur elle-même, j'ai observé que l'os du coude a cessé de correspondre au corps aigu, et qu'en exécutant la pronation cet os a été au-devant de la pointe, dont il s'est écarté dans la supination.

2^o. Ayant placé l'avant-bras, ployé et mis à nu sur une couche de glaise horizontale, et ayant exécuté ensuite la pronation il s'est fait un enfoncement oblique dans la glaise, qui n'a point eu lieu dans la supination.

Si, à ces deux essais, on ajoute la simple inspection, on ne pourra révoquer en doute le mouvement de l'os du coude dans cette circonstance.

2^o. *Si l'os du coude se déplace dans la pronation et dans la supination, quels mouvemens exécute-t-il ?*

Winslow est le seul qui ait tenté d'en rendre raison d'une manière convenable : car les auteurs qui en avoient parlé avant lui, l'avoient attribué, comme nous l'avons dit plus haut, à un déplacement latéral dans le ginglyme. Suivant lui, ces petits mouvemens d'élévation, d'abaissement, d'abduction et d'adduction, sont produits par une rotation de l'os du bras, l'omoplate étant tenue ferme dans cette action (Tome II. no. 997).

Mais en supposant l'avant-bras, fléchi sur le bras, et celui-ci placé le long de la poitrine, le mouvement de rotation de l'humérus ne pourra qu'approcher ou éloigner du tronc les os de l'avant-bras, auxquels ce déplacement, fait sur un plan horizontal, sera commun. L'explication de Winslow est donc vicieuse, d'après cette seule réflexion. Nous ajouterons qu'en examinant et en palpant avec soin le bras d'un homme situé dans l'attitude que nous venons de déterminer, tandis que la pronation et la supination se font, les muscles ne paroissent point être dans l'état de contraction, si l'on en excepte le biceps, qui est compté parmi les supinateurs, et donc aucun des usages n'est relatif à la rotation de l'os du bras.

Puisqu'il est bien prouvé 1^o que l'os humérus, lorsque l'avant-bras est ployé, ne participe point à la pronation et à la supination, qui sont alors moins étendues; 2^o que l'os du coude ne peut se mouvoir sur les côtés; 3^o que cependant il se déplace dans son extrémité carpienne, lorsque l'on roule la main sur elle-même. Ne doit-on pas conclure que l'os du coude se fléchit alors, et s'étend alternativement d'une manière à la vérité peu considérable, mais qui l'est cependant assez pour être susceptible de démonstration, et qui se fait dans l'ordre suivant :

En même temps que le rond, le quarré pronateur et le radial externe font rouler le rayon en dedans et en bas, les extenseurs du coude se contractent assez pour porter un peu l'extrémité carpienne de l'os du coude en arrière, et la pronation devient par ce moyen plus facile et plus complète.

Dans la supination, au contraire, tandis que les radiaux longs et externes, le biceps et le court supinateur portent le rayon en dehors, le brachial antérieur fléchit un peu l'os du coude, et accélère la supination en relevant l'extrémité carpienne de cet os.

Si l'on se rappelle que la poulie qui le reçoit sur l'humérus est oblique de dehors en dedans, on concevra aisément pourquoi, en se fléchissant, il se rapproche de la poitrine, et comment il s'en écarte dans l'extension. Par la même raison, la ligne décrite par son extrémité carpienne, dans la pronation et dans la supination, doit être oblique, et d'autant plus sensible, que l'os du coude peut être regardé comme le rayon d'un cercle dont le mouvement à la circonférence est très-marqué, tandis qu'il est imperceptible au centre. Ces légères extensions et flexions se combinent si facilement avec la pronation et la supination, que dans l'avant-bras d'un cadavre dépouillé de tous ses muscles, la dernière ne va jamais sans la première, comme je m'en suis convaincu par des expériences et des dissections multipliées.

On doit encore y faire entrer pour quelque chose la torsion de la main qui donne à ces mouvemens toute l'extension possible.

La solution de ce problème n'est pas un objet de simple curiosité; elle peut jeter du jour sur la théorie de la luxation du radius suivant sa longueur, et sur les diastases: c'est ce qui m'a engagé à la communiquer à la Société.

12. * Boyer, *Traité complet d'Anatomie*. 1, Paris 1815. P. 328.

Le radius exécute des mouvemens de rotation en dedans et en dehors. Le premier s'appelle pronation, et le second se nomme supination. En effet, dans ses mouvemens, la main, entraînée par le cubitus, tourne avec lui, et sa face palmaire se dirige alternativement en bas et en haut.

Dans la pronation, l'extrémité supérieure du radius tourne sur son axe, et roule de devant en arrière et de dehors en dedans, dans l'espèce d'anneau formé par le ligament annulaire et la petite cavité sigmoïde du cubitus, pendant que son extrémité inférieure glisse de derrière en devant sur la tête du cubitus, en traçant un arc de cercle; alors la direction du radius se trouve changée, par rapport au cubitus qu'il croise un peu. Dans la supination, l'extrémité supérieure du radius tourne de devant en arrière et de dedans en dehors; son extrémité inférieure glisse de devant en arrière sur la tête du cubitus: le radius devient alors parallèle au cubitus. Quoique le cubitus paroisse, au premier coup-d'oeil, un point immobile, autour duquel

le radius se meut, il est certain néanmoins que, dans la pronation, l'extrémité inférieure du cubitus est poussée en arrière et en dehors, tandis que, dans la supination, elle est poussée en devant et en dedans; en sorte qu'elle trace des arcs de cercle en sens contraire de l'extrémité inférieure du radius. On peut se convaincre de cette vérité, en plaçant la main vis-à-vis un plan vertical et en exécutant les mouvemens de pronation et de supination; car on voit alors le cubitus s'éloigner et se rapprocher alternativement de ce plan comme le radius.

Mais comme le cubitus ne peut point tourner sur l'extrémité inférieure de l'humérus, à cause de son articulation ginglymoïdale avec cet os, il entraîne dans de légers mouvemens de rotation: ainsi la pronation et la supination ne dépendent pas seulement des mouvemens du radius et du cubitus; l'humérus y contribue, aussi par ses mouvemens de rotation, mais la part qu'il y prend est bien plus sensible lorsque l'avant-bras est étendu, que lorsqu'il est fléchi.

13. * Johann Friederich Meckel, *Handbuch der menschlichen Anatomie*. Halle und Berlin 1816.

Vermöge der Anordnung der einander entsprechenden Gelenkflächen kann die Speiche nicht bloss mit der Ellenbogenröhre gebeugt und gestreckt werden, sondern sich auch zur Hälfte um ihre Axe drehen, indem die Ellenbogenröhre fast unverändert in ihrer Lage bleibt.

14. * Alois Michael Mayer, *Anatomische Beschreibung des ganzen menschlichen Körpers*. Wien 1831. P. 156.

— — endlich kann der Vorderarm auch ein- und auswärts gedreht werden, welche Bewegungen man besonders die Einwärts- oder Vorwärtsdrehung, Pronatio, und die Auswärts- oder Rückwärtsdrehung, Supinatio, heisst, und die blosz durch das Drehen der Armspindel hervorgebracht werden, da das Ellenbogenbein zwar gebeugt und gestreckt werden kann, des Höckerfortsatzes wegen zum Drehen aber unvermögend ist.

15. * Bourgery, *Anatomie descriptive et physiologique*. Paris 1832. Tome premier, P. 169.

Le radius, seul mobile, exécute sur le cubitus, immobile, des mouvemens de demi-rotation.

16. * Johann Christian Rosenmüller, *Handbuch der Anatomie*. Leipzig 1833. P. 186.

Der radius kann sich oben in einem an der ulna befindlichen Bandringe um seine Längensaxe, unten aber um die ulna drehen.

17. * Berres, *Anthropotomie. I. Wien 1835. S. 422.*

Die Beweglichkeit zwischen den Vorderarmknochen kommt allein der Armspindel zu, und nur diese kann sich nach ein- und auswärts drehen.

18. * Samuel Thomas von Sömmerring, *Knochen und Bänder. Leipzig 1839. P. 264.*

Die Speiche dreht sich in der Richtung ihrer Längsaxe um das Ellenbogenbein, sowohl nach innen, als nach aussen.

19. * M. J. Weber, *Anatomie des menschlichen Körpers. Bonn 1839. P. 363.*

Diese Gelenkverbindung gestattet, dass sich das untere Ende des Radius bei der Pronation und Supination mit Leichtigkeit beinahe in einem halben Kreis um das Capitulum ulnae drehen kann; während das Capitulum radii sich nur um seine Axe dreht, indem es von seinem Lig. annulare in der incisura lateralis ulnae festgehalten wird.

20 * F. O. Ward. *Human osteology. London 1876. Third edition. P. 221. (S. Fig. 1.)*

263. It has occurred to me that the shape of the radius is subject to a simple and constant mathematical law, which enables us to express the relation of its extremities, by the following general formula. *The head of the radius is so disposed, in relation to the sigmoid cavity of the lower extremity, that the axis of the former, if prolonged downwards, falls upon the centre of the circle, of which the latter is a segment.*

This law, to which I have not found a single exception, suggests a more precise definition of the motions of the radius on the ulna, than has hitherto, I believe, occurred to physiologists.

Many authors have loosely stated, that the radius rotates upon its own axis; an inexactitude into which Sir Charles Bell, amongst other eminent physiologists, has fallen. The inaccuracy of such a description may be rendered evident by the following experiment.

Let a recent fore-arm be fixed in a vice, by the olecranon process, in such a manner as to leave the radius its full freedom to rotation upon the ulna. Let a point be now inserted into the centre of the cup-like cavity on the head of the radius, and another into the centre of its inferior terminal surface, so that the two points may coincide with the two extremities of

the long axis of the bone. The points being fixed, let it be attempted to rotate the radius, or in anywise to change its relative position with the ulna. This will be found impossible; the radius being set fast, and incapable of any kind of motion.

Cruveilhier is clearly aware that the radius does not turn on its own axis below; but he adopts the equally erroneous notion that the transverse diameter of its lower extremity is the radius of the curve which it describes around the ulna „*le rayon de l'arc de cercle qu'il décrit autour du cubitus*“ („Anatomie Descriptive“, tom. I, p. 421). On this supposition, the inner extremity of a line drawn across the inferior surface of the radius, in the direction of its transverse diameter, would represent the lower end of the fixed axis around which the radius rotates. That this is impossible may be shown by making a dot upon the ulna precisely opposite the end of a line so drawn, and then rotating the radius. The extremity of the line will no longer correspond to the dot, but will be found removed from it, by the extent of a quarter of a circle. Now, a movable point cannot be the extremity of a fixed axis.

If it should be contended, on behalf of Cruveilhier's assertion, that the axis of rotation, though it cannot pass through the extremity of this line, may lie in the interval between the radius and ulna at a point immediately beyond it, the refutation of such an opinion is of the same kind, and equally easy. It is only necessary to mark the terminal surface of the radius with lines converging to the point in question, and then to perform, as before, the movement of pronation. The lines will now cease to indicate the original point; perpetually changing their centre of convergence during the rotation of the bone, and leaving the true position of the stationary axis as uncertain as before.

The real axis of rotation of the radius is the line *a b* in the following diagram. (Fig. 1.) This line represents the axis of a cone, of which *c d* is the base, and *e f* the truncated apex. The centre of its truncated apex corresponds with the centre of the head of the radius, and the centre of its base coincides with the centre of the circle of which the sigmoid cavity is a segment. Hence the axis of the cone must, according to the law above stated, coincide with the axis of the head. This coincidence is plainly shown in the diagram. The portion of the

line *a b* which lies above the bicipital tuberosity, evidently represents the axis of the head; and, below the tuberosity, where it quits the bone, it corresponds with the imaginary prolongation of that axis downward.

If the prolonged axis of the head of the radius fell upon any other point than the intersection of the radii of the sigmoid curve, the advance of the shaft, in pronation, would involve a slight hingelike motion of its superior joint; which indeed, I had always imagined it to undergo, until I happened to perceive the true mathematical construction of the bone. The result of the existing disposition is, that the pronation of the radius, and the simultaneous advance, and inward motion, of its lower extremity, are performed *without disturbance to the parallelism of its superior joint*.

21 * William Brinton, *The cyclopaedia of anatomy and physiology*, edited by Robert B. Todd. London 1847—1849. Vol. IV. Part. I. P. 230. *Radio-ulnar articulations*.

The movement of the lower end of the radius may easily be deduced from the above description, where the shape of the articular surfaces and the attachments of the fibrocartilage alike indicate a rotatory movement of this bone around the ulna; since there is an almost complete correspondence between the apex of the ligament and the centre of that circle of which these articular surface would form a part.

But although the motion of either of these articulations is thus no very difficult deduction from their anatomy, the mutual consistency of the two, or the movement of the radius as a whole, seems to have been much less understood. The somewhat obscure language in which this has been described would allow us to imagine that a kind of rotation of this bone on its axis was supposed to result as the balance of the movements which it obtains at the several joints. This anomalies and inconsistencies have been cleared up by Mr. Ward, in his very able work on Osteology; in which he points out that the axes of the head and neck of the radius above, and that of the head of the ulna below (the evident centres of rotation in each case) are continuations of each other, and form different portions of one and the same line, which is thus the real axis of the whole bone in its motions. In other words, the axis of the head and neck of the radius, prolonged downwards,

would fall upon a point in the lower surface of the ulna, the centre of the circle whereof the sigmoid cavity is a part. And this, he urges, will alone explain how the partial rotation of the bone is altogether independent of any antero-posterior movement of its head and occurs „without disturbance to the parallelism of the superior joint“.

Thus we might imagine the articulations of the forearm to be the immediate consequence of two chief necessities of movement, one of flexion and extension of this segment of the limb, another of alteration of aspect of the terminal segment or hand; the latter can scarcely be accomplished in any other way than by semirotation. The conditions of powerful flexion and extension are, on the contrary, best suited by a more or less ginglymoid joint at each extremity; and the shape of the interlocking surfaces which forms the chief security of such an articulation, would render it insusceptible of this partial rotation. These requirements, incompatible of fulfilment by one bone, are met by the addition of another, to which the hand is attached. And now a new necessity arises; for the super-added lever must be associated with the pillar previously existing, so far as regards the first movement, but dissevered from it as regards the second. This is accomplished by giving the radius a very limited participation in the elbow joint, a very considerable one in the wrist; and by making the ulna supply the terminal fixatures of the rotating shaft. The peripheral and complete condition of the upper attachment, the internal or centric and incomplete state of the lower, which, like the shaft itself, is here reduced to a part of a circle; these are provisions which, like many met with in other parts of the body, at once economise means and preserve the symmetry of the limb.

Pronation and supination. — The extremes of this rotation of the lower extremity of the radius constitute the states of pronation and supination. So far as these result from the movements of this bone, they are not quite opposite aspects of its surfaces or of those of the hand, since the angles which they mutually form in these conditions are scarcely equal to a quadrant and a half, or 135 degrees. And this fact, which the appearance of the articular surfaces alone would lead us to suspect, may be reduced to a certainty by the very simple

experiment of bending the forearm, and then from extreme supination pronating the wrist, and comparing the lines formed by its anterior surface in both these positions with each other, so as to take the angle through which the surface has passed. Or better still, since it removes all suspicion of interference with the muscles that effect pronation, fix the condyles of humerus by any means, and than repeat the examination of these angles.

Pronation and supination may, however, be carried far beyond this limit of the radial motion; aided by powerful rotation of the humerus inwards and outwards respectively, the surfaces will attain to complete opposition of direction, or 180 degrees of intervening angle, and even to a variable distance beyond this which is, on an average, almost another quadrant.

It deserves also to be noticed, that these movements are often converted into rotation around the axis of the lower part of the forearm and wrist, by a somewhat similar humeral movement. For example simultaneously with pronation, the lower end of the humerus is carried outwards and upwards, and a similar deviation is thus impressed on the ulna articulated with it, which extending to its lower extremity, results in the rotation of this part of the limb; i. e. in the completion of pronation, without the usual advance of the inner border of the forearm towards the median line of the body.

22. * G. M. Humphry, *Human Skeleton*. Cambridge 1858. P. 377.

The bones of the fore-arm present rather more interest than attaches to the other long bones, because, in addition to their movement together upon the humerus, the radius undergoes a partial revolution upon the ulna for the purpose of permitting the pronation and supination of the hand. In this movement the radius rotates upon an axis drawn straight downwards, as a plumb-line would fall, through the most prominent part of the articular surface of the outer condyle of the humerus. The upper portion of this axis passes directly through the centre of the button-like head of the radius, which rests upon the condyle. But as we trace it lower down, in consequence of the inclination of the bones of the fore-arm outwards from the humerus at the elbow, it soon ceases to traverse the

radius, and takes its course, along the interosseous space, to the lower end of the ulna, through the middle of which it runs, just as above it had run through the middle of the end of the radius. Accordingly, in pronation and supination, the *upper* articular surface of the radius rotates upon its own axis, on the tubercle of the humerus, and in the lesser sigmoid cavity of the ulna: whereas the *lower* end of the radius plays around the lower extremity of the *ulna*, and describes a segment of a circle upon it, revolving upon an axis which passes through the centre of the extremity of that bone. Thus, although the axes of movement of the two extremities of the radius in pronation and supination coincide in the same perpendicular line; that of the one passes through the end of the radius, and that of the other through the end of the ulna.¹⁾ If now this perpendicular line be prolonged downwards through the hand it passes through the ring finger; so that, in the movement referred to, the hand, with the radius, rotates upon an axis drawn from the middle of the outer tubercle of the humerus to the extremity of the ring-finger; and the axis traverses the lower end of the ulna, which forms *a point d'appui* for the member to revolve upon. The lower end of the ulna is a fixed point, or nearly so. Perhaps, during rapid and forced movements, it may be subjected, to a slight inclination in the opposite direction to that of the radius, that is to say, inwards during supination, and outwards during pronation; but this is very slight, and, under ordinary circumstances, does not appear to take place at all.

23. * Henke, *Anatomie und Mechanik der Gelenke. Leipzig und Heidelberg 1863. P. 149. (S. Fig. 2.)*

Die Achse der Pronation und Supination zwischen Radius und Ulna liegt nicht einfach in einem dieser beiden Knochen, sondern geht von einem in den andern über, indem sie ein wenig schief zur Länge derselben liegt. Die Articulation, welche sie verbindet, ist in zwei ganz getrennte Stücke am oberen und unteren Ende getheilt; am oberen trägt der Radius den Gelenkkopf, der in eine entsprechende Pfanne der Ulna passt, am unteren hat die Ulna einen Gelenkkopf, dem der Radius mit einer Pfanne anschliesst: Er dreht sich also oben um sich selbst, unten um die Ulna, oder einfach um eine Achse, die

¹⁾ I find that Mr. Ward (in his *Human Osteology*, p. 312) describes correctly this axis of rotation of the radius, and illustrates it by a diagram.

durch sein oberes Ende und das untere der Ulna geht. Diese Achse geht dann auch aus dem oberen Ende des Radius in das Capitulum des Oberarms und durch dessen Mittelpunkt. Hier schneidet sie die der Beugung und Streckung rechtwinklig, geht also bei Streckung des ganzen Armes im Ellbogen etwas schräg durch den Oberarm, der gegen die Achse seines unteren Gelenkkopfes etwas schief nach oben und der Seite liegt, und ebenso liegt sie etwas schief gegen die Ulna, durch deren unteres Ende sie geht, da diese vom Ellbogengelenke an abwärts etwas seitwärts von der zur Achse desselben senkrechten Richtung abweicht. Sie bildet bei gestrecktem Arm die Fortsetzung einer der Achsen, um welche er sich auch in der Schulter drehen kann, die vom Mittelpunkte derselben durch den des Capitulum geht. Die Hand kann sich also, wenn sie gerade herabhängt, durch Schulter- und Radiusbewegung zugleich um dieselbe senkrechte Linie drehen, während die Achsen beider bei Beugung im Ellbogen natürlich ihre Lage gegeneinander ändern und dann nur die Drehung des Radius an der Ulna allein noch die Umwendung der Hand hervorbringen kann.

24. * Hubert v. Luschka. *Die Anatomie der Glieder des Menschen. Tübingen 1865. III. P. 132.*

Durch diese zu Gunsten der Hand bestehende Einrichtung erlangt der Radius als ihr hauptsächlichster Träger die Fähigkeit Rotationsbewegungen auszuführen, die man als Pronation und als Supination zu unterscheiden pflegt, je nachdem der Handrücken nach vorn oder nach hinten gewendet wird. Es darf übrigens nicht unerwähnt bleiben, dass man auch im Stande ist, der Hand ohne Drehung des Radius, nämlich durch Rotation der ganzen Extremität im Schultergelenke jene Stellungen zu geben. Insofern dieselben aber durch den Radius hervorgebracht werden, finden mit einem Ausschlage von beinahe zwei rechten Winkeln Drehungen dieses Knochens um eine Axe statt, welche sich von einem der beiden Knochen des Vorderarmes so in den anderen fortsetzt, dass sie durch den Mittelpunkt ihrer Köpfchen und bei der Verlängerung nach aufwärts auch durch das Centrum der Eminentia capitata humeri hindurchgeht. Diese Axe muss sich daher mit der Richtungslinie des Vorderarmes kreuzen und so neben dem Radius vorbeiziehen, dass sie mit seinem Schaft einen Winkel bildet, in welchem er dieselbe bei der Drehbewegung zu umkreisen hat.

25. * G. B. Duchenne (de Boulogne), *Physiologie des mouvements*, Paris 1867. P. 130.

136. La pronation et la supination ont été décrites, dans les traités d'anatomie moderne, comme des simples mouvements de rotation du radius sur le cubitus. Je vais démontrer que cette opinion est erronée, et que, dans les mouvements de pronation et de supination, le radius et le cubitus décrivent des arcs de cercle en sens contraire, d'une manière plus apparente à leur extrémité inférieure.

Fait-on abstraction de tous mouvements articulaires, on observe, pendant la pronation ou la supination, que les extrémités inférieures du radius et du cubitus décrivent deux arcs de cercle en sens contraire et d'égale étendue, autour d'un axe fictif qui passerait par le troisième métacarpien. Il en résulte que, si pendant ses mouvements de pronation et de supination, les doigts et la main sont étendus parallèlement à la direction de l'avant-bras, la main tourne sur un axe représenté par le médus.

Celui qui ne possédant aucune notion anatomique, verrait ces arcs de cercle égaux, décrits en sens contraire par l'extrémité inférieure du cubitus et par l'extrémité inférieure du radius, n'aurait certes pas l'idée d'expliquer les mouvements de pronation ou de supination qui en résultent, par la rotation du radius sur le cubitus.

En réalité, tout le monde peut constater, en effet, que dans leur quart inférieur, ces deux os se meuvent alors en sens contraire, dans une étendue égale, et qu'ils sont *solidaires*.

Ces faits entrevus par Vicq-d'Azyr et encore mieux par Winslow, ont été controversés par les anatomistes. Ils ont été niés d'une manière absolue par M. le professeur Cruveilhier. Ils sont cependant incontestables; voici comment je me suis convaincu qu'ils ne sont point illusoires, comme le soutient mon savant maître.

J'ai fixé au niveau de l'extrémité inférieure de mon cubitus dans la direction du diamètre transversal de l'avant-bras, une petite tige de 10 à 15 centimètres; alors en exécutant des mouvements de pronation et de supination, j'ai vu l'extrémité libre de cette tige tracer des demi-cercles en sens contraire, ce qui n'eût pas eu lieu évidemment si cette extrémité osseuse était restée fixe.

D'autre part, lorsque, par une cause quelconque, ce mouvement de l'extrémité inférieure du cubitus est empêché, pendant la pronation ou la supination, le mouvement de l'extrémité inférieure du radius est singulièrement gênée, et devient très-limité; c'est ce que du reste tout le monde peut constater sur soi-même, en fixant solidement l'extrémité inférieure du cubitus.

138. Voici ce que j'ai observé sur des sujets dont les muscles et les articulations du membre supérieur avaient été disséqués: Fixant solidement le bras, soit à l'aide de la main, soit dans un étau, et puis ayant étendu l'avant-bras sur le bras, j'ai imprimé lentement à la main des mouvements de pronation et de supination; alors j'ai vu, comme je l'ai dit plus haut en rapportant une expérience faite sur le vivant, l'extrémité inférieure du cubitus décrire des arcs de cercle alternativement en sens contraire. Une tige métallique longue de 15 centimètres, enfoncées transversalement de dedans en dehors dans l'extrémité inférieure du cubitus, rendait ces mouvements de quart de cercle d'étendue, des plus évidents.

Dans cette expérience, lorsque la main étant au plus haut degré de supination, je lui ai imprimé lentement un mouvement de pronation. J'ai constaté que le cubitus exécutait, dans son articulation avec l'humérus, 1^o un mouvement d'extension, pendant le premier tiers du quart de cercle décrit par son extrémité inférieure, 2^o un petit mouvement d'inclinaison latérale de dedans en dehors, pendant son tiers moyen, 3^o un mouvement de flexion pendant son dernier tiers.

Lorsque la main était arrivée à son plus haut degré de pronation, je l'ai ramenée lentement en supination. Alors l'extrémité inférieure du cubitus a décrit, dans un sens opposé, une nouvelle courbe résultant aussi de la succession et de la combinaison des trois mêmes mouvements, dans l'articulation cubito-humérale, 1^o d'extension pendant le premier tiers, d'inclinaison latérale de dehors en dedans pendant le second tiers, et de flexion pendant le dernier tiers.

139. On doit comprendre que l'extension et la flexion alternatives du cubitus ne peuvent mouvoir l'extrémité inférieure de cet os qu'en ligne droite, et que la combinaison de ces deux mouvements du cubitus avec son mouvement d'inclinaison latérale, telle qu'elle a été exposée ci-dessus, était absolument

nécessaire à la production de la ligne courbe décrite par l'extrémité inférieure de cet os, pendant la pronation et la supination.

La plupart des anatomistes ont soutenu que l'articulation ginglymoïdale du coude était trop serrée pour permettre le moindre mouvement de latéralité du cubitus; je viens de démontrer cependant qu'il est produit naturellement et incessamment, pendant la supination et la pronation, comme je l'ai décrit ci-dessus.

Qu'on l'explique ou non, le mouvement latéral du cubitus, pendant la pronation ou la supination, est donc incontestable.

Il suffit du plus petit mouvement latéral du cubitus, dans son articulation avec l'humérus, pour que, à l'extrémité de cet os qui devient ainsi un long levier, ce mouvement ait d'un centimètre à un centimètre et demi. Il ne faut pas s'étonner si ce mouvement latéral du cubitus, dans l'articulation du coude, ait pu être nié par un grand nombre d'anatomistes; car il peut échapper à l'observateur qui n'y prêterait pas une grande attention. Quant à moi, je l'ai vu se reproduire de dedans en dehors, et vice versa toutes les fois que je l'ai cherché, pendant la pronation ou la supination, que j'imprimais sur des membres disséqués. De ce mouvement latéral en dedans ou en dehors d'un centimètre à un centimètre et demi, à l'extrémité inférieure du cubitus, combiné avec les deux autres mouvements d'extension et de flexion, résulte la ligne courbe décrite par cet os, pendant la pronation ou la supination.

26. * J. Lie, *Laerebog i descriptiv Anatomie, Christiania 1867, S. 129.*

Disse Ledforbindelser tillade blot en Rotation fortil, pronatio, og bagtil, supinatio. Pronationen foregaar i den øverste Leddeforbindelse, idet det ulnare Parti af capitulum radii ruller forfra bagtil i fossa sigmoidea, omvendt under Supination; for den nederste Leddeforbindelse bliver Forholdet omvendt, idet radius med sin incisura semilunaris vandrer omkring capitulum ulnæ, bagfra fortil under Pronation, omvendt under Supination; under disse Bevægelser følger fibro-cartilago interarticularis med radius. Hvad corpus af radius og ulna angaar, da kommer den første under Pronation at krydse sig med den sidste, idet membrana interossea samtidig slappes, medens begge Ben under Supination ligge parallelle.

27. * H. Beaunis et A. Bouchard, *Anatomie descriptive et embryologie*. Paris 1868. P. 169. (S. Fig. 3.)

Dans ces mouvements le radius seul est mobile et tourne autour d'un axe (A), qui passe en haut par le centre de la tête du radius, en bas par le centre de la tête du cubitus, axe qui, prolongé du côté de l'humérus, va joindre le centre de la tête humérale.

28. * Benjamin Anger, *Nouveaux éléments d'anatomie chirurgicale*. Paris 1869. P. 586.

Dans les mouvements de pronation et de supination le radius seul est mobile et tourne autour d'un axe, qui passe en haut par le centre de la tête du radius, et en bas par le centre de la tête du cubitus.

29. * Hueter, *Gelenkkrankheiten*. Leipzig 1870—71. S. 765 (s. Fig. 4), beschreibt und zeichnet die Vicq-d'Azyr'sche Achse ab, scheint davon auszugehen, dass sich der Radius allein um die feststehende Ulna bewegt; erwähnt, dass die Kleinfingerseite nach innen dreht bei der Supination, nach aussen bei der Pronation.

30. * Chr. Aebly, *Bau des menschlichen Körpers*. Leipzig 1871. S. 284.

An den genannten Verschiebungen nimmt ihrer festen Stellung wegen die Ulna für gewöhnlich keinen Antheil, so dass dieselben fast ausschliesslich dem Radius angehören.

31. * J. Cruveilhier, *Traité d'Anatomie descriptive*. Paris 1862 et 1871. Tome I. P. 368.

Maintenant il se présente ici une question importante: le cubitus prend-il quelque part aux mouvements de pronation et de supination, ou bien représente-t-il dans ces mouvements un axe immobile, autour duquel le radius exécute en bas des mouvements de circumduction.

Les opinions sont partagées à cet égard, et les explications ingénieuses n'ont pas manqué pour étayer l'une ou l'autre manière de voir. Beaucoup d'auteurs ont fait jouer un rôle à de prétendus mouvements latéraux du coude, et Vicq-d'Azyr, qui les a réfutés, a substitué à ces mouvements latéraux des mouvements de flexion et d'extension du coude auxquels il a donné beaucoup d'importance dans la pronation et la supination; d'autres, avec Winslow, regardent les mouvements de rotation de l'humérus comme s'ajoutant toujours et

nécessairement à ceux du radius sur le cubitus pour produire la pronation et la supination. On s'étonne que des hommes d'un aussi grand mérite soient partagés sur des questions aussi simples, aussi faciles à éclaircir par la voie expérimentale; on s'étonne que l'expérimentation elle-même, dans des matières semblables, ait pu conduire à l'erreur. C'est ainsi que Vicq-d'Azyr dit que si on place l'avant-bras demi-fléchi sur un plan d'argile, on observera que pendant les mouvements de pronation et de supination l'apophyse styloïde du cubitus s'enfonce dans le plan d'argile et y imprime une trace plus ou moins étendue; que si on place la même apophyse styloïde du cubitus à côté d'une pointe fixée sur une table, cette apophyse s'éloignera de la pointe. Il y a là deux choses bien distinctes, le fait et l'explication.

Il est certain que si vous examinez sur vous-même les mouvements de pronation et de supination, il vous semblera, avec les auteurs que je viens de citer, que pendant que le radius roule dans un sens, le cubitus roule dans un sens opposé; mêmes apparences lorsque vous portez la main sur le cubitus. Mais, comme le fait observer Bertin, ne pourrait-il pas y avoir ici illusion de deux sens, de la vue et du toucher? 1^o Illusion de la vue, car, comme il y a changement de rapports entre les deux os, il peut se faire que nous attribuons au cubitus une portion du mouvement, qui appartient au radius, de la même manière que nous rapportons aux étoiles le mouvement des nuages qui les obscurcissent, et au rivage, le mouvement de la barque; 2^o illusion du toucher, car nous pourrions rapporter aux os la locomotion de la peau et des muscles. Enfin ne pourrions-nous pas rapporter aux mouvements du radius et du cubitus l'un sur l'autre des mouvements qui se passent dans l'articulation du coude ou dans l'articulation de l'humérus?

Pour décider la question d'une manière péremptoire, faites l'expérience suivante, qui dispense de toutes les autres: mettez à découvert toutes les articulations du membre supérieur, depuis l'épaule jusqu'à la main; maintenez l'humérus fixe, dans une immobilité absolue, en le serrant dans un étau, et vous verrez de la manière la plus évidente, que dans les mouvements de pronation et de supination qui sont imprimés à l'avant-bras, le radius roule autour du cubitus immobile; essayez de faire exécuter le plus petit mouvement latéral au cubitus vous n'y

parviendrez jamais, l'engrenage de l'articulation du coude s'y oppose complètement. Si l'humérus n'est pas maintenu dans une immobilité complète, vous verrez des mouvements de rotation de l'humérus s'ajouter aux mouvements de rotation des articulations radio-cubitales. Enfin, si l'avant-bras est dans la demi-flexion, pendant qu'on lui imprime des mouvements de rotation, vous verrez de légers mouvements de flexion et d'extension alternatifs venir compliquer les effets de la pronation et de la supination.

Il résulte de cette discussion que les mouvements de pronation et de supination se font aux dépens des articulations radio-cubitales, indépendamment des articulations du coude et de l'épaule, et que le cubitus est complètement étranger aux mouvements de pronation et de supination.

32. * G. Hermann Meyer, *Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüsts*. Leipzig 1873. S. 142.

Prüft man weiter, so findet man aber, dass diese Axe des Unterarmes noch eine weitere Bedeutung hat. Indem sie nämlich von dem Mittelpunkte der eminentia capitata ausgeht, auf welcher sich das capitulum radii dreht, und in dem capitulum ulnae (etwas näher dem processus styloides ulnae) endet, um welches sich das untere Ende des Radius dreht, ist diese Linie zugleich die Drehaxe des Radius.

33. * Res. O. Lecomte, *Archives générales de médecine*, Août 1874. *Essai de physiologie mécanique. Du mouvement de rotation de la main*. P. 133.

Un anneau circulaire, une sorte de bracelet rigide, inextensible et fixe, embrasse le poignet au-dessus des apophyses styloïdes du cubitus et du radius. Son diamètre est égal au diamètre transversal du poignet qui peut s'y mouvoir à frottement doux. Il porte à sa face deux points de repères mobiles. Si l'avant-bras étant fléchi sur le bras on fait exécuter des mouvements de rotation à la main, on remarque que ces mouvements sont faciles, complets, de l'extrême pronation à l'extrême supination, physiologiques en un mot. Quelles conclusions peut-on tirer en premier lieu de cette expérience? Le raisonnement indique clairement que dans ces conditions la rotation ne pourrait s'effectuer si le radius se déplaçait isolément. Ne voit-on pas, en effet, que si cet os tournait seul autour de la petite tête du cubitus immobile, le poignet serait emprisonné,

immobilisé dans ce bracelet d'un diamètre manifestement insuffisant. Il ne pourrait se mouvoir en effet que dans un cercle ayant un rayon au moins égal à l'étendue transversale de l'extrémité inférieure du radius, c'est-à-dire aux $\frac{3}{4}$ environs du largeur du poignet.

Il est de toute évidence alors que le cubitus se meut et on peut étudier l'amplitude et la nature du mouvement qu'il décrit.

1°. La main de l'homme possède un mouvement de rotation très-peu connu, bien qu'il soit un des mouvements les plus curieux de la machine humaine.

2°. Ce mouvement n'est pas unique; il ne s'effectue pas autour d'un axe unique, constant. On peut admettre un mode de rotation principal, le plus habituel peut-être, autour d'un axe dirigé suivant le troisième métacarpien et le doigt médus; mais cet axe peut se déplacer soit en dedans, soit en dehors de la ligne médiane, et passant par chacun des doigts et même par chacun des espaces interosseux et interdigitaux, créer ainsi autant de modes de rotation secondaires.

3°. L'observation directe et une expérimentation très-simple, confirment ces propositions, avec le témoignage irrécusable de la vue et du toucher, et sans qu'aucune illusion de ces sens puisse être invoquée.

4°. La rotation de la main humaine et ses modes divers s'accomplissent par le mouvement simultanée, harmonique et similaire, au niveau du poignet, des deux os anti-brachiaux, le radius et le cubitus.

5°. Chacun de ces deux os, le radius et le cubitus, décrit un mouvement dont la nature et l'amplitude peuvent varier, suivant le mode de rotation, suivant que l'axe de rotation se déplace, en dehors ou en dedans, mais, dans tous les cas, les deux os anti-brachiaux se meuvent.

6°. Le mouvement de pronation et de supination, tel qu'on le définit aujourd'hui, dû à la révolution du radius seul autour du cubitus immobile, n'est pas un mouvement physiologique volontaire; la contraction musculaire ne saurait le produire sur le vivant. Une expérience bien connue, qu'on a souvent invoquée, le détermine sur le cadavre, mais ce n'est là qu'un mouvement passif, communiqué, anti-physiologique, en dehors de toute action musculaire.

7°. Nous avons démontré que le jeu des articulations est très-complexe dans le mouvement de rotation de la main, et que ce mouvement exigeait le concours de toutes les articulations de l'avant-bras. Au coude, notamment, l'articulation huméro-cubitale joue un rôle important. Le cubitus exécute sur la trochlée humérale un mouvement de torsion spiroïde, qui peut varier d'étendue, mais qui existe dans les divers modes de rotation.

Au poignet, il nous a semblé qu'il y avait un mouvement tout spécial, les surfaces de l'articulation radio-cubitale inférieure glissant en sens inverse, l'une sur l'autre, de manière à se correspondre toujours exactement.

8°. Le système des muscles rotateurs de la main comprend quatre muscles : deux pour le radius ; deux pour le cubitus. Chacun de ces os a un muscle pronateur et un muscle supinateur. Nous reconnaissons un pronateur radial (le rond pronateur) ; un supinateur radial (le court supinateur) ; un pronateur cubital (le muscle anconé) ; un supinateur cubital (le muscle dit carré pronateur).

9°. Les applications de cette théorie mécanique de la rotation de la main sont nombreuses : elles intéressent la physiologie, la pathologie, la gymnastique, la philosophie naturelle, etc.

34. * Res. O. Lecomte, *Archives générales de médecine. Mai & Juin 1877. Paris. P. 682.*

L'axe principal de la rotation, si l'on entend par là le plus usuel dans l'ensemble des actes mécaniques de la main, ne nous paraît point passer par le troisième métarcarpien et le médus, mais entre le pouce et l'indicateur. C'est en effet entre ces deux doigts comme entre les branches d'une pince fixatrice que sont maintenus les nombreux instruments dont s'arme la main pour leur imprimer le mouvement de rotation.

Dans la série infinie des modes de rotation dus au déplacement de l'axe, le radius et le cubitus décrivent un mouvement qui peut varier d'amplitude ; mais dans tous les cas, ces deux os se meuvent. Non-seulement le cubitus n'est jamais immobile, mais il résulte de la proposition précédente, que c'est lui qui, dans la très-grande majorité de mouvements rotateurs de la main, décrit les arcs excursifs les plus étendus.

35. * Hermann Welcker, *Archiv f. Anatomie und Physiologie. Jahrgang 1875. S. 1, S. 46*, (s. Fig. 5 und 6) giebt die abgedruckten Figuren in der Absicht, die Bewegung des Radius

um die feststehende Ulna zu erläutern; besonders die Fig. 6 drückt sehr gut schematisch die herrschende Ansicht aus.

36. * W. W. Wagstaffe, *Human osteology*. London 1875. P. 46.

If we look next at its articulation with the radius, we notice that the cup-shaped lesser sigmoid cavity allows rotation of the head of the radius upon an axis which is in the centre of the head of the radius; at the lower radio-ulnar articulation the conditions are altered and the radius rotates round a point near the styloid process of the ulna. The result of this is to permit free movements of pronation and supination of the hand without displacement at the elbow-joint.

37. * Hoffmann, *Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Bearbeitung von Quains Elements of Anatomy*, Erlangen 1877. P. 268.

Bei dieser Bewegung beschreibt die Speiche ein Stück einer Kegelfläche, deren Achse durch die Mitte des Capitulum radii und des Processus styloides ulnae zu ziehen ist. Diese Rotationsachse des Radius ist zugleich die Längsachse des Vorderarms für die Bewegungen im Ellenbogengelenke.

38. * Joseph Hyrtl, *Anatomie des Menschen*, Wien 1878. P. 365.

Wäre der Radius ein vollkommen geradliniger Knochen, so würde die Achsendrehung seines Köpfchens zugleich den ganzen Radius wie eine Walze um seine Längsachse drehen, ohne dass er seinen Ort verlässt. Da er aber, vom Halse angefangen, sich derart krümmt, dass bei hängend gedachtem Arm, sein unteres Ende nicht vertical unter dem oberen steht, so muss, wenn das Köpfchen sich um seine Achse dreht, das untere Ende einen Kreisbogen beschreiben, dessen Centrum das unverrückte Köpfchen am unteren Ende der Ulna ist.

39. * W. Krause, *Specielle und makroskopische Anatomie*. Hannover 1879. P. 101.

Bei der Drehung des Radius bleibt die Ulna ruhen und das um seine Achse sich drehende Capitulum radii unverrückt in dem, von dem Lig. annulare und der Incisura semilunaris minor ulnae gebildeten Ringe: das ganze untere Endstück des Radius rollt dagegen in einem Umfange von fast 180° um das Capitulum ulnae.

40. * Henry Morris, *The Joints of man*. London 1879. P. 254. (S. Fig. 1.)

Thus the real axis round which pronation and supination occur is one corresponding to the axis of the head and neck of the radius, but which leaves the radius just below the bicipital tuberosity, crosses the interosseous membrane or interval between the bones, and passes through the inferior extremity of the ulna and onwards to the tip of the ringfinger. The real axis of rotation is the line, a b, in the accompanying diagram (Ward): e f represent the apex, and c d the base of a blunt-topped cone. The centre of the apex corresponds with the centre of the head of the radius, and the centre of the base with the centre of the circle, of which the sigmoid cavity of the radius is a segment — i. e., with the centre of the head of the ulna. The axis of the cone corresponds with the axis of the head of the radius. It is around the lower part of this axis that the hand rotates when moving with the radius, and if the radius rotated around any other axis than the one described, some slight hingejoint movement would take place at the superior radio-ulnar articulation, which is not the case. Associated with this rotation, however, in the ordinary way, there is some rotation of the humero-ulnar shaft, which causes a lateral shifting of the forearm and hand from side to side; thus with pronation there is some abduction, and with supination some adduction combined, so that the hand may be able to keep on the same superficies in both pronation und supination.

41. Res. Gerdy, *Physiologie médicale didactique et critique*, T. I, 2me partie P. 536 et suiv., citirt nach Pozzi, *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, dirigée par Dechambre.

En voulez-vous d'autres preuves, observez avec attention les changements que l'on peut volontairement imprimer à l'axe de la main; ils s'accompagnent constamment de changements semblables dans l'axe de rotation commun aux os de l'avant-bras. Appuyez successivement la main, par le bout du doigt indicateur, et ensuite du médius, puis de l'annulaire et enfin du petit doigt, contre un plan vertical, un mur, par exemple; puis exécutez alternativement des mouvements de pronation et de supination sur le bout de chacun de ces doigts, appliqués seul à seul, vous verrez chacun d'eux devenir tour à tour l'axe de rotation de la main; mais le radius exécutera d'abord, par

son second mouvement de rotation et sur l'indicateur des arcs si peu considérables qu'il semblera tourner sur son axe, tandis que la petite tête du cubitus exécutera de très-grands arcs de cercle et tournera en outre sur elle-même dans son articulation; vous verrez ces arcs changer en raison inverse, à mesure que les mouvements de la main s'accompliront sur les doigts médus, annulaire et petit doigt. Quand la main tournera, appuyée sur le bout de ce dernier, vous verrez alors le radius exécuter de grands arcs de rotation autour d'un axe passant par l'extrémité inférieure du cubitus et du petit doigt, et le cubitus exécutera ses deux mouvements sur le même axe, en sorte qu'alors ses mouvements dans la pronation et la supination n'en forment plus qu'un seul.

42. * Ad. Pansch, *Anatomie des Menschen. Berlin 1881. P. 149. (S. Fig. 7.)*

Die Articulatio radio-ulnaris ist ein Drehgelenk (Rotatio), in welchem sich das untere Ende des Radius um das gleichnamige Ende der Ulna dreht. Die Drehaxe geht unten durch die Basis des Processus styloideus ulnae, oben durch das Capitulum radii, erstreckt sich also schräge durch beide Knochen. Die Bewegung in diesem Drehgelenk umfasst einen Bogen von fast 180° und wir können dadurch beim herabhängenden Arm die Handfläche etwa gerade nach vorn und gerade nach hinten wenden, aber nicht weiter. Jede weitergehende Drehung der Hand ist durch eine Drehung des ganzen Arms im Schultergelenk bedingt und diese kann eine solche Unterstützung gewähren, dass wir in der That bei gestrecktem Arme die greifende Handfläche nach allen Richtungen wenden können. Ist die freie Bewegung des Radius gehemmt, etwa durch Verwachsung mit der Ulna, so kann das Schultergelenk also dafür eintreten, doch wird der Mangel bei gebeugtem Arme sogleich stark hervortreten.

43. * Rob. Hartmann, *Anatomie des Menschen. Strassburg 1881. P. 155.*

Ellen- und Speichenbein sind an der Fossa semilunaris minor in einem Drehgelenke verbunden. Der Radius dreht sich hier um die festeingestellte Ulna in einem Kreisbogen von etwa 40° . Das untere Endstück des Radius dreht sich in der Incisura radialis am unteren Endstücke der festeingestellten Ulna zugleich, während das obere Endstück des ersteren sich in der oben

beschriebenen Weise in der Cavitas sigmoidea minor dreht. Der Kreisbogen, welchen der Radius hierbei mit seinem Processus styloideus beschreibt, ist an einem geeigneten Präparate mit dem Goniometer leicht zu messen, derselbe beträgt, wie H. Meyer ganz richtig angibt, beinahe 180° .

44. * Res. Wilhelm Braune und Alfred Flügel, *Archiv für Anatomie und Physiologie. Jahrgang 1882. Anatom. Abth. P. 196. Ueber Pronation und Supination des menschlichen Vorderarms und der Hand.*

I. Die Lecomte'sche Ansicht über Mitbetheiligung der Ulna bei Pronation und Supination ist unrichtig; der Radius bewegt sich allein um die Ulna.

II. Die Excursionsgrösse des Radius beträgt $150-160^{\circ}$.

VI. Die Haut erfährt bei den Radiusbewegungen eine Spannung, die in Spiraltouren von oben nach unten um einen Kegelmantel läuft, dessen Spitze am Capitulum radii, dessen Basis am Handgelenke liegt.

Citirt werden Henke, Welcker, Langer, Meyer, Lecomte.

45. * Res. W. Einthoven, *Quelques remarques sur le mécanisme de l'articulation du coude, Archives Néerlandaises, Tome XVII, P. 289. Harlem 1882.*

Qu'on pose le bras à plat sur une table, l'avant-bras faisant avec lui un angle de 90° et étant dirigé verticalement; qu'on glisse ensuite sous les deux épicondyles de l'humérus quelques feuillets de papier ou un livre mince, laissant tout juste l'espace nécessaire pour qu'on puisse encore placer sous chaque épicondyle un doigt, qui se trouve alors serré entre l'épicondyle et le livre. Les choses ainsi disposées, on fera d'abord tourner l'humérus autour de son axe longitudinal, sans combinaison avec d'autres mouvements, de manière que le poignet entier se porte alternativement à droite et à gauche, et que l'amplitude de ses oscillations soit à peu près égale à sa largeur. On percevra alors très distinctement le mouvement ascendant et descendant des deux épicondyles, surtout celui de l'épicondyle interne. Si ensuite on maintient immobile l'anneau de Lecomte et qu'on exécute la rotation de la main, on observera dans les épicondyles un mouvement ascendant et descendant à peu près de même étendue que précédemment; mais si le cubitus est maintenu fixe autant que possible, et qu'on opère

la pronation et la supination de la main, les mouvements susdits ne se produiront pas.

46. * Quain, *Elements of anatomy, by Thomson, Schäfer and Thane, Vol. I. London 1882. P. 156.*

The disposition of the annular ligament allows the head of the radius to rotate freely within it, while the lower end of the radius, bound by the triangular fibro-cartilage to the styloid process of the ulna, has a movement of circumduction round that point, by which the hand is brought into the prone or the supine position. Thus in pronation and supination the radius describes a part of a cone, the axis of which extends from the centre of the head of the radius to the styloid process of the ulna.

47. * C. Langer, *Die systematische und topographische Anatomie. Wien 1882. P. 71.*

Das Hin und Wider der Rotation wird Pronation genannt, wenn die Bewegung gegen die Leibesmitte gerichtet ist, und Supination, wenn der Radius lateralwärts gedreht wird. Die Achse dieser Bewegung geht durch die Mittelpunkte der Köpfchen beider Vorderarmknochen und muss, da die Eminentia capitata humeri, der sich das Radiusköpfchen anpasst, eine Kugel ist, auch durch deren Centrum gehen. Rücksichtlich des Spatium interosseum hat die Achse daher eine diagonale Richtung und kreuzt sich mit der Richtungslinie des Vorderarmes. Da die Achse unten ausser dem Radius liegt, so bildet dessen Schaft mit ihr einen Winkel, in welchem er sie bei der Drehbewegung umkreist; der Radius läuft also in dem Mantel eines Kegels; oben dreht er sich um sein eigenes Capitulum, unten aber um das Capitulum ulnae.

48. * William Turner, *Human anatomy. Edinburgh 1882. P. 95.*

The radius rotates about an axis drawn through the centre of its head and the styloid process of the ulna.

49. * George Viner Ellis, *Demonstrations of anatomy. London 1882. P. 315.*

In these movements the radius revolves round a line, internal to the shaft, which is prolonged upwards through the neck and head of the bone, and downwards through the centre of a circle of which the small sigmoid cavity of the ulna is a segment (Ward).

The upper end of the bone is kept in place by the orbicular ligament; the lower end by the triangular fibro-cartilage; and the shafts are united by the interosseous ligament, which is tightened in supination, and is relaxed in pronation.

50. * Henry Gray, *Anatomy descriptive and surgical*. London. 1883. P. 179 & 180.

P. 179. The movement which takes place in this articulation is limited to rotation of the head of the radius within the orbicular ligament, and upon the lesser sigmoid cavity of the ulna.

P. 180. The arrangement in the inferior radio-ulnar articulation is just the reverse of that between the two bones above; motion is limited to rotation of the radius round the head of the ulna.

51. * C. Heitzmann, *descriptive und topographische Anatomie des Menschen in 600 Abbildungen*. Wien 1875, 1. Band, S. 98, giebt ohne erläuternden Text die Zeichnung, Fig. 8.

52. * Res. W. Koster, *Beitrag zur Kenntniss vom Mechanismus der Bewegungen im Ellenbogengelenk* (Holländisch im *Weekblad van het Nederl. Tijdschr. voor Geneesk.*, 15, 1880), Referat von Walter Berger in *Schmidt's Jahrbücher*, 189ter Band. P. 112.

Wenn man das linke Handgelenk mit der Rückenfläche an die Palmarfläche der neben einander ausgestreckten Finger der rechten Hand legt, so dass der Ulnarand ungefähr in die Linie der Articulationes metacarpo-phalangeales der rechten Hand zu liegen kommt, und nun die linke Hand eine gewöhnliche Pronationsbewegung ausführen lässt, dabei Sorge tragend, dass die Ulna in derselben Höhe von der Palmarfläche der Finger an der rechten Hand bleibt, so liegt nach Ausführung der Pronation die Palmarfläche der linken Hand der der rechten gegenüber und die Bewegung ist so vor sich gegangen, wie die gewöhnliche Anschauung als allein möglich annimmt. Wenn man aber das linke Handgelenk mit Daumen und Mittelfinger der rechten Hand umfasst und nun wieder pronirt, aber so, dass man das Handgelenk zwingt, in dem von Daumen und Mittelfinger der rechten Hand gebildeten Ringe zu bleiben, so liegt nach vollendeter Pronation der Rand des Radius da, wo vorher der Rand der Ulna gelegen hatte.

Im ersten Falle hat der Radius eine Bewegung um eine ungefähr parallel an oder in der so gut als unbeweglichen Ulna

liegende Achse gemacht; der Halbmesser des bei dieser Bewegung von dem Radius beschriebenen Halbkreises entspricht in diesem Falle einer senkrecht auf der Bewegungsaxe stehenden, bis zum Aussenrande des Radius reichenden Linie. Im 2. Falle ist der Halbmesser um die Hälfte kleiner geworden.

Daraus geht hervor, dass sowohl eine Bewegung bei feststehender Ulna, als auch mit Drehung der Ulna und des Radius möglich ist.

Nach Koster muss man die *Articulatio humero-ulnaris* als ein Sattelgelenk auffassen, das auch eine um eine senkrecht auf die der gewöhnlichen Scharnierbewegung stehende Axe erfolgende Bewegung nach aussen und innen zulässt. Nach früher von Koster ausgeführten Versuchen beträgt die Ausdehnung dieser Bewegung ungefähr 10 Grad. Diese Bewegung ist bei jeder Haltung des Vorderarms dem Oberarm gegenüber möglich, gelingt aber an einem frischen Bänderpräparat, wie es Koster scheint, am besten bei halber Beugung des Vorderarms, bei Erschlaffung des ganzen Bänderapparates. Die Ulna kann im Ellenbogengelenk nach aussen und innen bewegt werden und das untere Ende derselben in der Weise bewegt werden, wie in dem Versuche angegeben ist, in dem das Handgelenk mit Daumen und Mittelfinger der anderen Hand umfasst wurde.

53. Res. W. Koster, *Die Bewegung der Ulna bei der Pronation und Supination der Hand.* (Holländisch im *Nederl. Tijdschr. voor Geneesk.*, *Bundel uitgegeven door de leden de vereniging, bij gelegenheid van haar 25jarig bestaan.* Amsterdam 1882. S. 1). Referat von Walter Berger in *Schmidt's Jahrbücher*, 195 B. S. 232.

W. Einthoven (Nr. 45), ein Schüler Koster's, zeigte letzterem durch einen einfachen Versuch, dass bei der Pronation und Supination des flectirten Vorderarms um seine Längsaxe mit Bewegung der Ulna der Humerus mit im Spiel ist, wenn er nicht absichtlich daran verhindert wird, und behauptete, dass die seitliche Bewegung der Ulna zur Erklärung der Pronation und Supination bei Umschliessung des Handgelenks mit einem engen Ring nicht nöthig sei.

Untersuchungen an frischen Gliedmassen, an denen die Muskeln mit Ausnahme der Pronatoren und Supinatoren weggenommen worden und die Bänder des Ellenbogengelenks intact waren, überzeugten indessen Koster, dass die seitliche

Bewegung der Ulna doch so ist, wie er sie früher beschrieben hat. Koster führte hierzu den folgenden Versuch aus.

An einem normalen, frischen Arme werden Haut und Muskelmassen weit genug oberhalb des Ellenbogens, um das Gelenk intact zu lassen, durch einen Zirkelschnitt bis auf den Oberarmknochen durchschnitten. Was oberhalb des Schnittes liegt, wird weggenommen, so dass der blossgelegte Oberarmknochen zwischen einer an einem Arbeitstische angebrachten Schraube unbeweglich festgeklemmt werden kann. Man kann nun, die Hand in halbe Pronation stellend, das untere Ende der Ulna zwischen die Finger nehmen und sich überzeugen, dass die Ulna um eine Axe, die senkrecht auf der der Beugung und Streckung steht, etwas (etwa 12 Grad) bewegt werden kann. Schon bei einer mässigen Beugung ist in dem Ulna-Humerus-Gelenke eine Bewegung um 2 Axen möglich; bei einer Beugung von ungefähr 25 Grad ist die seitliche Bewegung am stärksten.

Bei genauerer Untersuchung fand Koster, dass die seitliche Beweglichkeit der Ulna bei Pronation und Supination schon als Postulat von dem Gelenkmechanismus erwartet werden muss. Der Radius muss um eine seitlich (im Ellenbogengelenk) ganz unverrückbare Ulna und bei Beibehaltung des Contacts im Gelenk zwischen Radius und Humerus mit seinem untern Ende bedeutend über das Capitulum ulnae auf- und niedergleiten. Wenn man Vorderarm und Hand mit der Rückenfläche (den Radius in voller Supination) auf eine Tischplatte legt und den Radius eine vollständige Pronation ausführen lässt, bei möglichst still liegender Ulna und ohne den Oberarm zu bewegen, erhält man den Typus der Rotation von Cruveilhier. Man sieht nun, wie das untere Ende des Radius nach dem Ellenbogen in die Höhe rückt. Wenn man an den Rand des Tisches ein Lineal in der Höhe vom Unterende des Radius senkrecht zum Vorderarm hält und auf der Haut am Proc. styloideus radii einen Punkt markirt, wird diese Erscheinung besonders deutlich.

Nimmt man für den Augenblick die Congruenz von Radius und Humerus im Ellenbogengelenk während der Pronations- und Supinationsbewegungen als vollständig bleibend an, dann wird es klar, dass durch das in die Höheziehen des untern Radiusendes im untern Radio-Ulnargelenk bei der Umdrehung ein Druck gegen die Ulna entstehen muss. Wenn nun die Ulna seitlich beweglich ist, dann muss sie, wenn sie nicht absichtlich

daran gehindert wird, dabei seitlich verrückt werden. Bei dem beschriebenen Versuch ist die Pronation bei auf der Tischfläche aufliegendem Arme immer beschwerlich; man lässt leicht, namentlich, wenn die Pronation über 90 Grad geht, die Ulna ihren Weg gehen, wobei sie sich nach aussen und von der Tischfläche nach oben bewegt. Das soll nun nach Einthoven durch eine Drehung im Schultergelenk und eine kleine Beugebewegung im Ulna-Humerus-Gelenk geschehen; da aber eine seitliche Bewegbarkeit der Ulna nachweislich vorhanden ist und da durch die Pronation eine auf die Ulna wirkende Spannkraft vom Radius hervorgerufen wird, da ausserdem ein Muskel (*M. anconaeus quartus*) activ in demselben Sinne die Ulna bewegen kann und bei gleichzeitiger Streckung bewegen muss, so kann an einer seitlichen Bewegung der Ulna, wenn nicht absichtlich gegen dieselbe angestrebt wird, wohl nicht gezweifelt werden.

Es ist klar, dass die seitliche Bewegung der Ulna die Verschiebung des untern Radiusendes über das *Capitulum ulnae* vermindert, ganz compensirt wird diese aber nicht dadurch. Die bei Pronation mit feststehender Ulna auftretende Bewegung der Radialseite der Hand nach oben bemerkt man auch, wenn man der Ulna freies Spiel lässt, aber in viel geringerem Grade. Der Bandapparat zwischen dem untern Ende der Ulna und dem Carpus lässt die Lageveränderung zwischen der Hand und dem Radius in der genannten Richtung mit Leichtigkeit zu. — Eine andere Einrichtung zur Verminderung der Verschiebung des Radius längs der Ulna liegt darin, dass bei der Pronation mit seitlicher Bewegung der Ulna der Stand des *Capitulum radii* dem Humerus gegenüber in der Art modificirt wird, dass eine geringe Verschiebung des Radius nach unten erfolgt.

In jedem Falle verschiebt sich also der Radius, auch wenn die Ulna bei der Pronation mitbewegt wird, noch etwas nach oben; dass er das weniger thut als bei stillstehender Ulna, hängt ab von der seitlichen Bewegung dieser und von einer geringen Verschiebung des Radius nach unten in Folge des Mechanismus der *Articulatio humero-radio-ulnaris*.

Ob man die *Articulatio humero-ulnaris* ein Sattelgelenk nennen kann, darüber war Koster früher schwankend. Bei dem anfangs beschriebenen Experiment mit ganz intact gelassenem Ellenbogengelenk kann die Ulna bei einer Beugung von ungefähr 25 Grad, wobei ihre Beweglichkeit am grössten

ist, auf dem in die Schraube geklemmten Humerus eine beschränkte, aber deutliche kegelmantelförmige Bewegung ausführen. Es ist auch leicht wahrnehmbar, dass bei Pronation mit Bewegung der Ulna die letztere nicht ausschliesslich in einer Richtung, die senkrecht auf der der Beugung und Streckung steht, dislocirt wird, sondern mit ihrem untern Ende eine kreisförmige Bewegung ausführt; durch die Lageveränderung des Vorderarms als Ganzes und kleine Beugebewegungen in der *Articulatio humero-ulnaris* kann diese Bewegung zu Stande kommen. Welchen Antheil die Bewegung im Schultergelenk und im Ellenbogengelenk an der Kreisbewegung des untern Ulnarendes hat, zu bestimmen, ist schwierig und lohnt nach Koster nicht der Mühe. Wenn die seitliche Bewegung der Ulna im Ellenbogengelenk selbst mit einer geringen Drehung gepaart (wie dies nach Koster der Fall ist) vor sich geht, dann steht der Bezeichnung der *Articulatio humero-ulnaris* als Sattelgelenk nichts entgegen. Die Bewegung um eine auf der Streckung und Beugung senkrecht stehende Achse bleibt doch die Hauptsache.

Für die Bewegung der Ulna bei der Supination, für ihr Zurückgehen nach der Stellung, die sie durch die Pronation verlassen hat, existirt kein direct wirksamer Muskel, doch kommen durch die laterale Verschiebung der Ulna Spannkkräfte zur Wirkung, deren Einfluss auch ohne Muskelwirkung die Ulna in ihre frühere Lage zurückbringen kann. Ausserdem können andere Muskeln, die Contraction der ulnaren Beuger, von Einfluss sein und ferner ist es wahrscheinlich, dass die Spannung der Pronatoren (des *Pronator quadratus*) die Bewegung der Ulna medianwärts befördert.

Um die Mitbewegung der Ulna bei der Pronation und Supination an einem zweckmässig eingerichteten Präparat klar zu machen, giebt Koster folgende Methode an. Nach Einklemmung des Humerus in eine Schraube wird eine Schnur an das untere Ende des Radius an einem Stift in der unteren Gelenkfläche desselben befestigt, möglichst in der Mitte des Abstandes zwischen *Proc. styloideus ulnae et radii* und mit dieser Schnur wird die Ulna an ein Stativ befestigt, so dass sie einen festen Stand einnimmt. Der Unterarm soll dabei in einer Beugung von ungefähr 60 Grad in der Luft schweben, ohne dass die Ulna dabei etwas zu tragen hat. Im Radius wird senkrecht

auf seine Längsachse eine lange Nadel befestigt, mit deren Hilfe die Bewegungen ausgeführt werden können. Lässt man nun den Radius aus der Stellung der äussersten Supination langsam in der vollkommenen Pronation sich bewegen und stellt sich dabei so, dass man das untere Ende der Ulna mit einem Auge ansieht, so dass die Blicklinie in der Richtung von oben nach unten mit dem Rande des Tischbeines zusammenfällt, dann sieht man zuerst die Ulna in der Richtung dieser Linie nach oben gehen; wenn die Pronation bis zu 90 Grad gediehen ist, folgt eine Bewegung der Ulna seitwärts, die plötzlich stark zunimmt, wenn der Radius an die andere Seite der Ulna gelangt ist. Das Ende der Ulna beschreibt bei der seitlichen Bewegung einen Kreisbogen nach oben. Im Beginn der Pronation zieht der um das Capitulum ulnae nach oben laufende Radius die Ulna mehr nach oben und, wenn er an die andere Seite der Ulna gekommen ist, drängt er sie auf die Seite. Wenn die Articulatio humero-ulnaris ein reines Ginglymusgelenk wäre, würde dies nicht möglich sein.

54. * C. Gegenbaur, *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*, Leipzig 1883. P. 243.

An der Drehbewegung des Radius sind also zwei differente Abschnitte im Ellenbogengelenke und das untere Radio-ulnar-Gelenk betheiligt. Die Achse, um welche die Drehung erfolgt, muss als eine Linie gedacht werden, deren proximaler Endpunkt in der Mitte der proximalen Endfläche des Capit. radii liegt, während der distale Endpunkt mit der Befestigungsstelle der Cart. triangularis am Proc. styloides ulnae zusammenfällt. Die Achse liegt also nur proximal eine Strecke im Radius, tritt dann in das Spatium interosseum und kommt endlich ins distale Ende der Ulna zu liegen.

Capitel V.

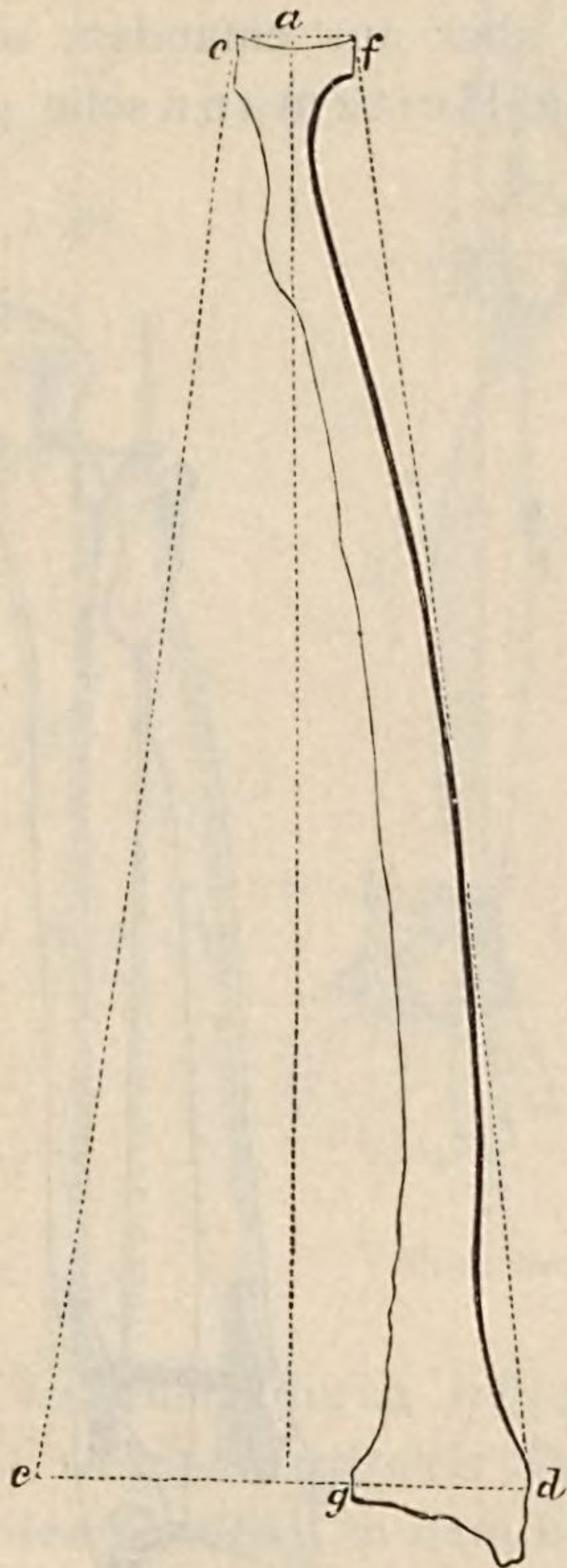
Kritische Versuche über die herrschende Lehre.

Aus dem literarischen Rückblicke wird es wohl hervorgehen, dass es sich lohnen könnte, zu versuchen, in diese Verhältnisse Licht zu werfen. Erstens darf ich dann nochmals hervorheben, dass die Lehre von der ausschliesslichen Radiusdrehung in Lehrbüchern und an verschiedenen Hochschulen gar zu allein herrschend war, trotz der Aeusserungen von nicht unbedeutenden Forschern, wie Winslow⁵⁾, Monro⁶⁾, Vicq-d'Azyr¹¹⁾, Boyer¹²⁾, Duchenne²⁵⁾, Gerdy⁴¹⁾, Lecomte³³⁾, Eindhoven⁴⁵⁾ und Koster.⁵²⁾ Schon die Literatur gesammelt und gesichtet zu haben, wäre bei der wirklichen Sachlage für die wissenschaftliche Auffassung nicht ohne Werth. Zweitens ergab sich nach meiner Meinung ein Bedarf, die ganze Lehre einer Revision zu unterwerfen. Ich ging deswegen auf zwei Wegen experimentell vor, indem ich beabsichtigte zunächst die Unhaltbarkeit der jetzigen Lehre von der ausschliesslichen Radiusdrehung darzuthun und dann die Bewegung der Ulna bei der Drehung des Vorderarms in ihrem Verhalten zu der Bewegung des Radius zu präcisiren.

Als Ausgangspunkt für die Versuche in negativer Richtung, kann man die in der Literatur mitgetheilten Schemata nehmen, wie die von Ward²⁰⁾, Henke²³⁾, Beaunis-Bouchard²⁷⁾, Hueter²⁹⁾, Welcker³⁵⁾, Heitzmann⁵¹⁾ und Pansch.⁴²⁾ Ich glaube, dass es Interesse haben wird, diese Zeichnungen gesammelt übersehen zu können und drucke dieselben deshalb an den folgenden drei Seiten ab, Fig. 1—8. Obschon Bertin⁸⁾ die ganze Auffassung am deutlichsten mit Worten

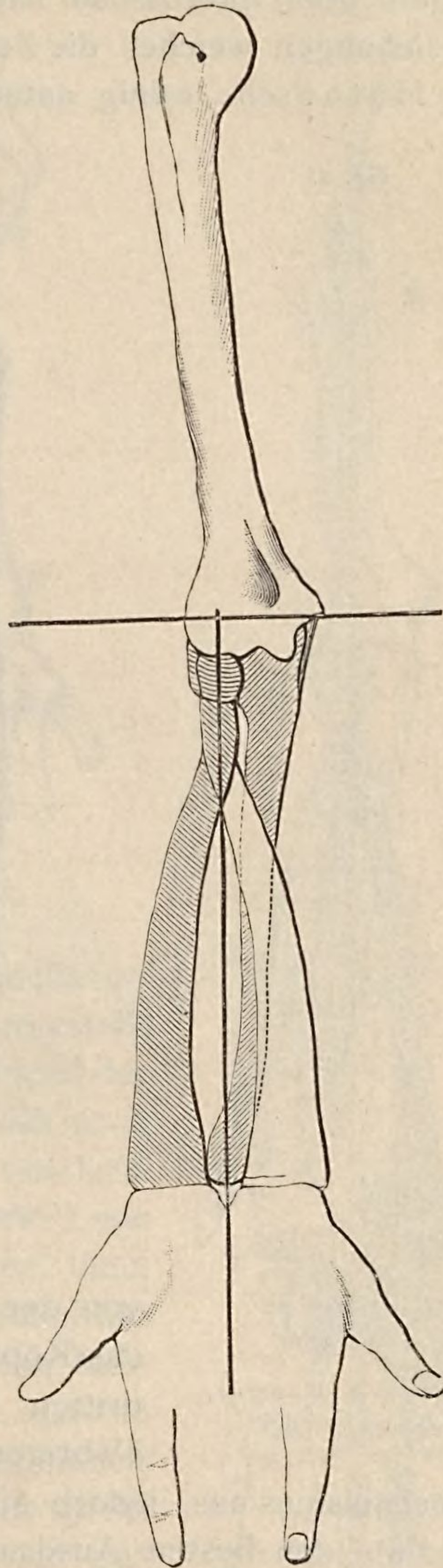
präcisirt hat, so sind Zeichnungen am meisten geeignet als Ausgangspunkt zu dienen, und ich habe deswegen die mir bekannten

Fig. 1.



Copie nach Ward.²⁰⁾

Fig. 2.

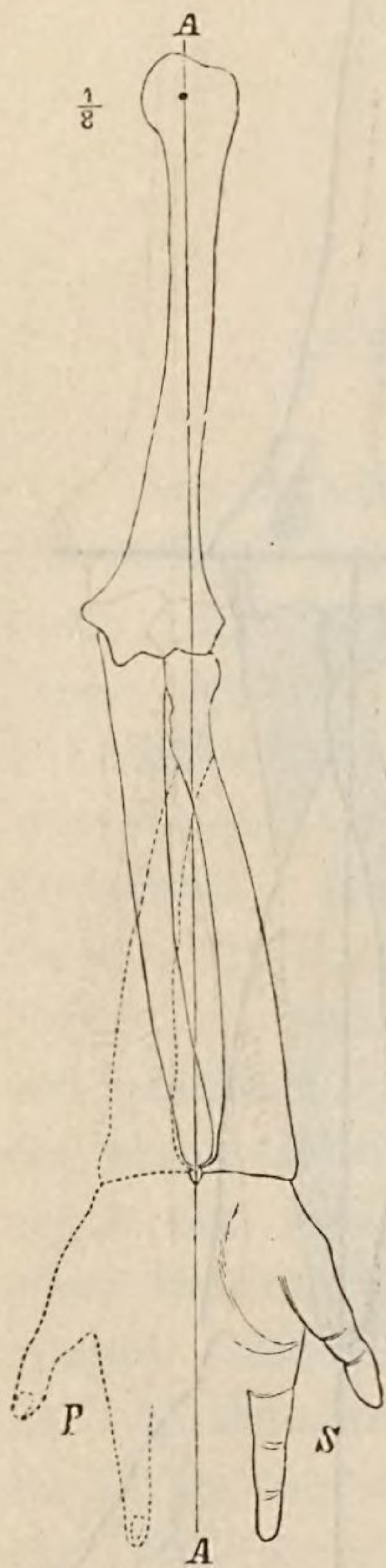


Copie nach Henke.²³⁾

mitgetheilt. Die Figuren 1—8 stimmen alle darin überein, dass sie die von Vicq-d'Azyr¹¹⁾ zuerst deutlich beschriebene Axe, um welche sich der Radius und die mit diesem Knochen unbeweglich verbundene Hand drehen soll, schräg von oben aussen nach unten innen durch die Mittelpunkte des Capitulum radii oben und des Capitulum ulnae unten anbringen. Der Radius und die

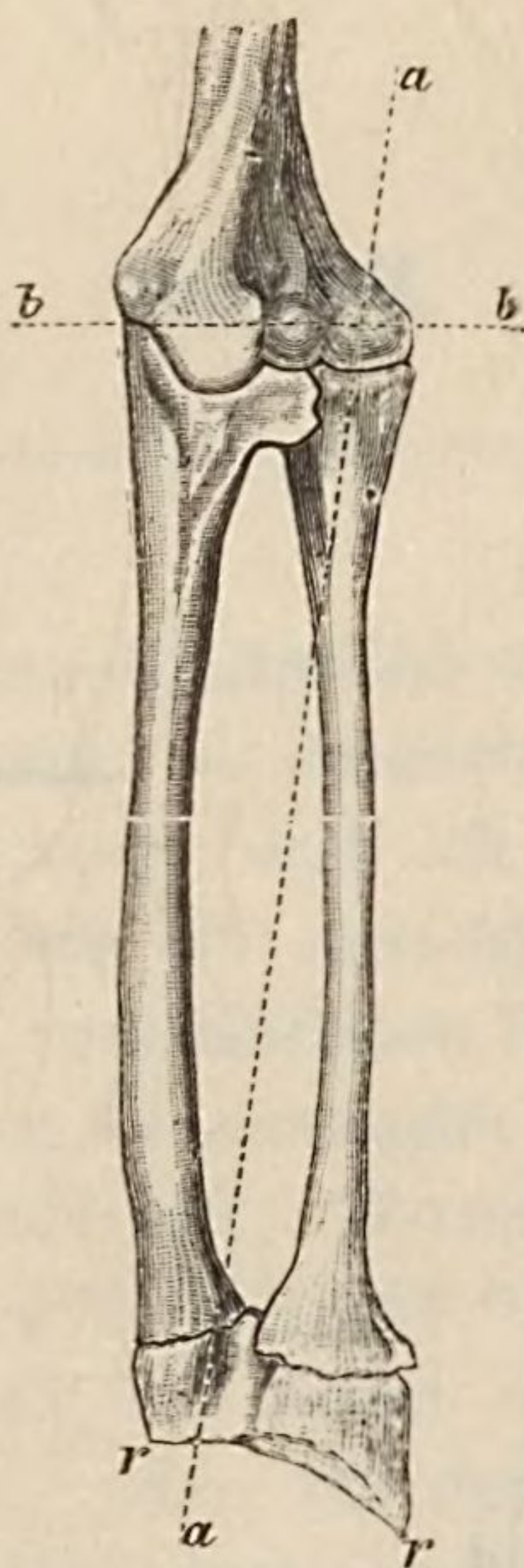
Hand drehen sich um die unbeweglich gedachte Ulna wie eine in zwei Angeln hängende trianguläre Thür (Welcker³⁵) (Fig. 6). Die Axe verlässt also den Radius und läuft über dem Ligamentum interosseum nach dem Ulnaköpfchen hin. In anderen Beziehungen weichen die Zeichnungen aber aus einander; so ist die Hüter'sche wenig natürlich und die Heitzmann'sche geht

Fig. 3.



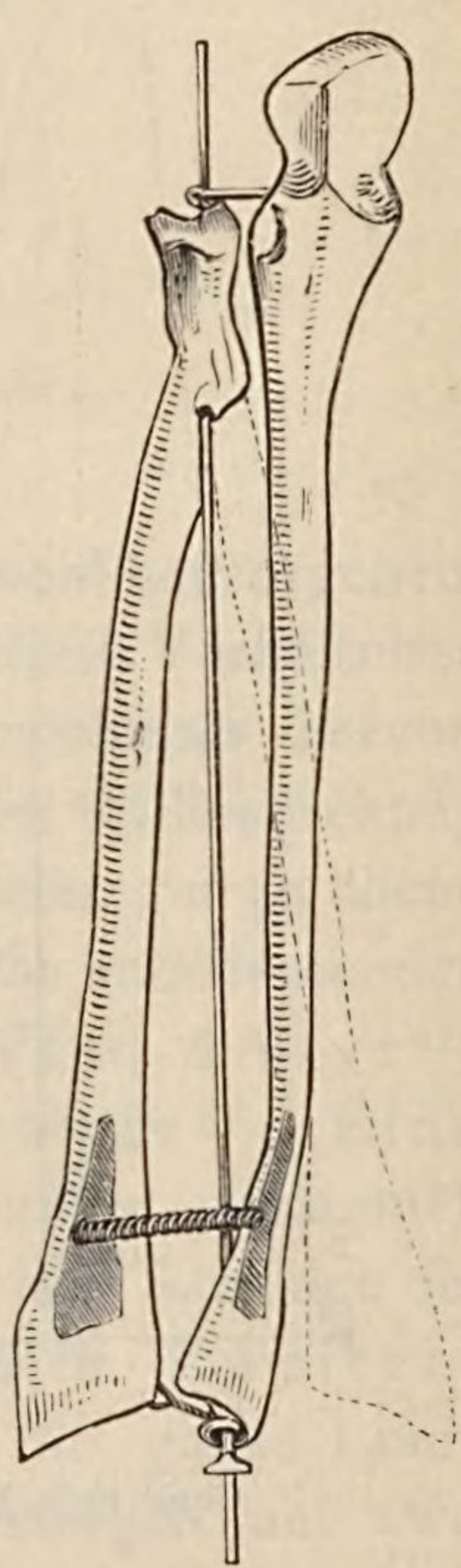
Copie nach Beaunis-
Bouchard.²⁷⁾

Fig. 4.



Copie nach Hueter.²⁹⁾

Fig. 5.



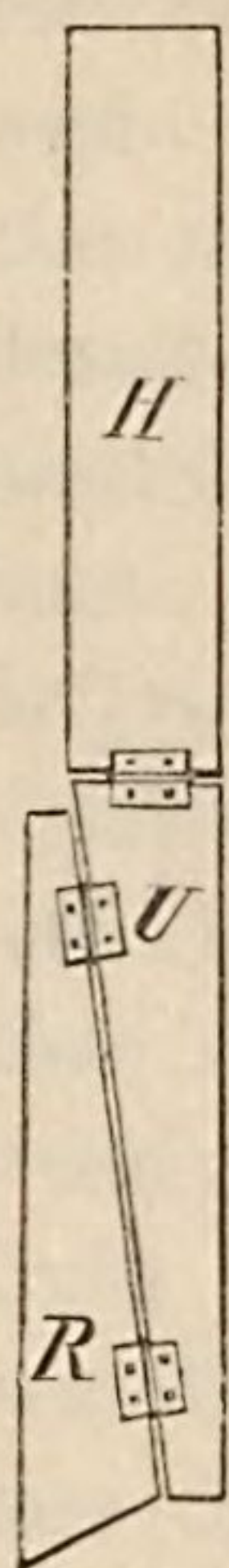
Copie nach Welcker.³⁵⁾

von der unrichtigen Voraussetzung aus, dass das Köpfchen der Ulna gerade oberhalb des dritten Fingers zu liegen kommt. Die Uebrigen gehen zwar alle von demselben Mechanismus aus, jedoch gibt entschieden Welcker³⁵), (Fig. 5 und 6), den besten Ausdruck für die herrschende Auffassung.

Sodann bin ich dazu geschritten, nach Welcker körperliche Modelle aus getrockneten Knochen zu präpariren, um die Wahrheit der Theorie versuchsweise zu prüfen. Da aber natürliche Knochen beim Durchbohren der metallenen Stange,

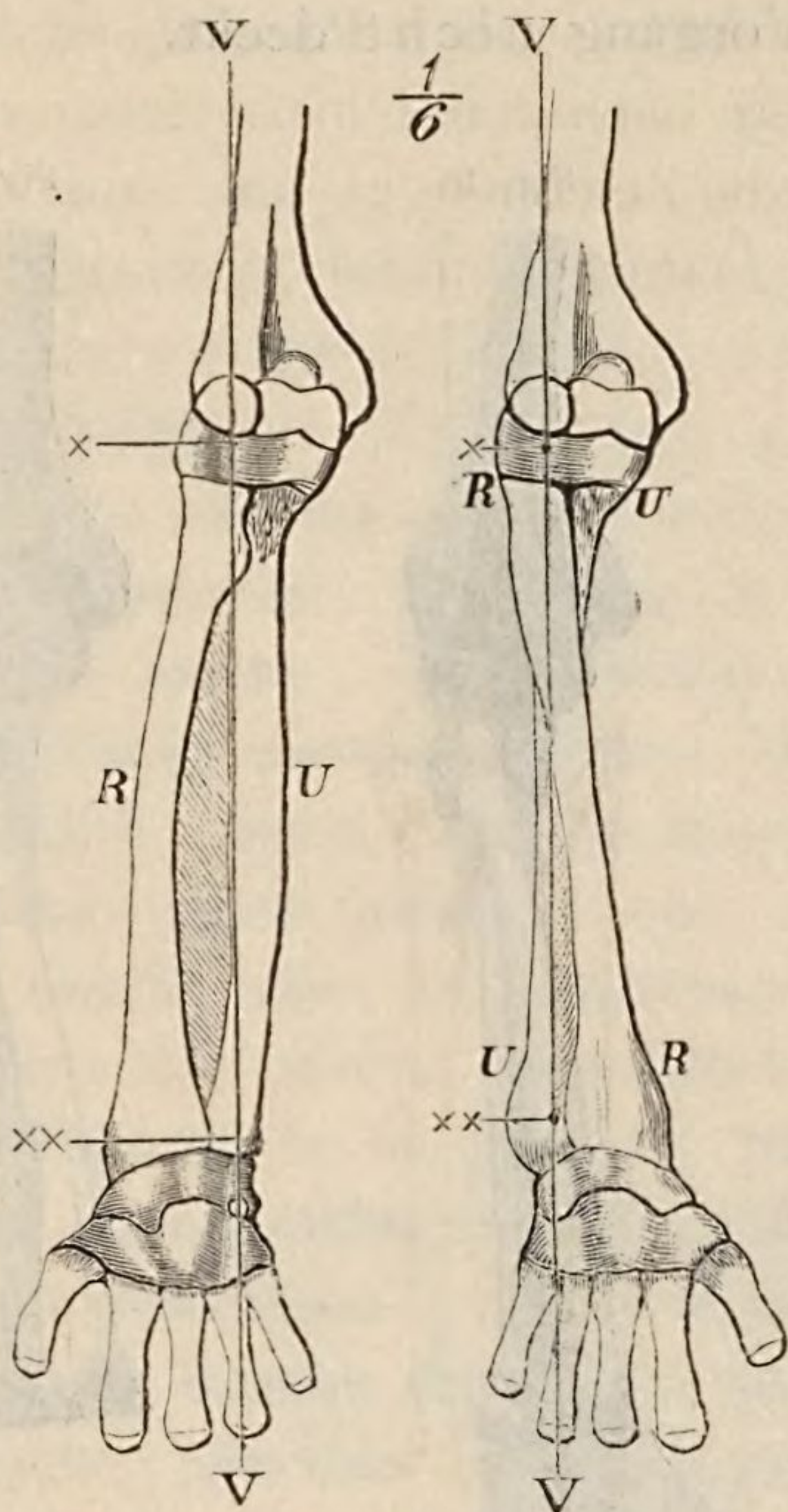
welche die Axe darstellen soll, leicht zerspringen, so habe ich

Fig. 6.



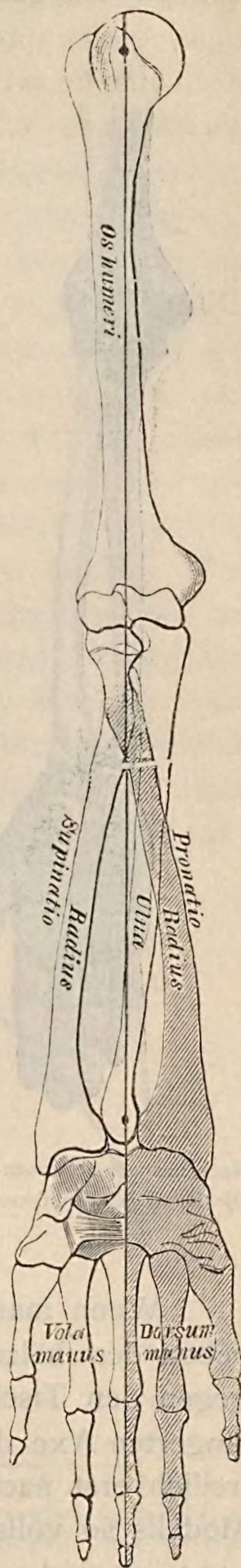
Copie nach
Welcker.³⁵⁾

Fig. 7.



Copie nach P a n s c h.⁴²⁾

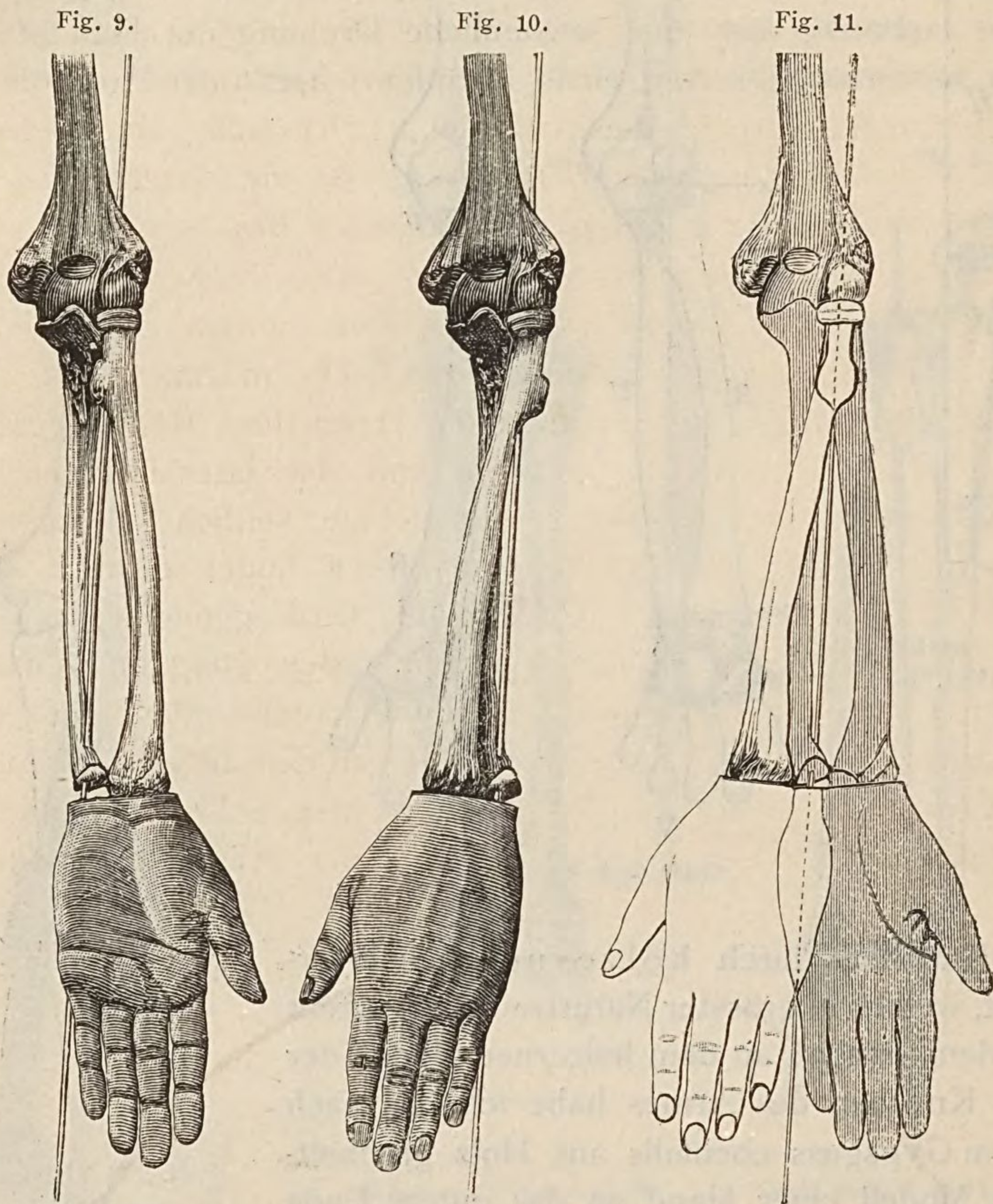
Fig. 8.



Copie nach Heitz-
man n.⁵¹⁾

die Knochen durch hölzerne Modelle ersetzt, welche in grösster Naturtreue hergestellt werden können; an dem hölzernen Modell der drei Knochen des Armes habe ich das nach einem Gypsguss ebenfalls aus Holz geschnittene Modell einer Hand an das untere Ende des Radius unbeweglich ansetzen lassen, dann Löcher durch einen glühenden Eisendraht eingebohrt, und die Axe durch einen Messingstab angegeben. Der Humerus und die Ulna sind an einem Brettchen festgenagelt und nur der Radius mit der Hand spielt. (Fig. 9, 10, und 11.) Dieses Schema entspricht genau den gewöhnlichen Vorstellungen und die Hinzufügung der unbeweglichen Hand macht den Mechanismus nur noch anschaulicher. Der Zweck ist der, der herrschenden

Ansicht einen so präzisen körperlichen Ausdruck wie möglich zu geben und dann experimentell zu beweisen, dass das Modell den physiologischen Vorgang nicht deckt.

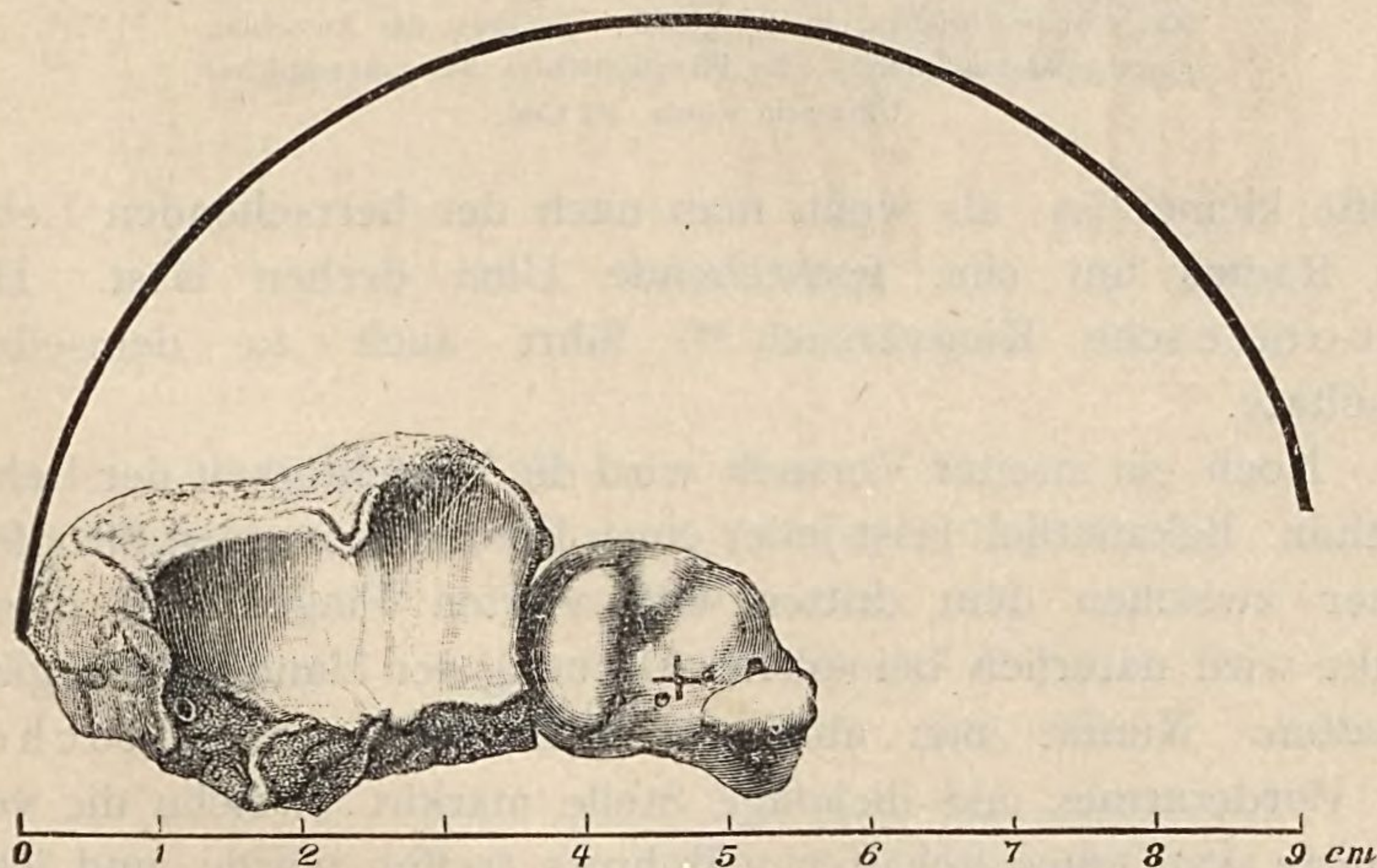


Nach meinem hölzernen Modell. Linker Arm. Fig. 9. Die Hand in Supinationsstellung. Fig. 10. Die Hand in Pronationsstellung. Fig. 11 gibt an, wie die Hand bei der ausschliesslichen Radiusdrehung ausweicht.

Wenn man jetzt eine correspondirende obere Extremität neben dem hölzernen Präparat auf einen Tisch hinlegt, die Ulna gegen den Tisch fixirt und die Hand in der Richtung der verlängerten Axe des Vorderarms steif ausstreckt, so ist man, aber freilich erst nach einiger Uebung, im Stande, die Bewegung des Modells so vollständig nachzuahmen, dass man kaum leugnen kann, dass das Princip dieser Bewegung der Hand und des Vorderarms auf mechanischem Wege naturgetreu dargestellt ist.

Ein sehr wesentlicher Einwand ist aber hier zu machen. Die Bewegung nach dem Modell ist freilich naturgetreu, aber gezwungen, wird im praktischen Leben nie ausgeführt und ist sogar von Lecomte ³³⁾ vollständig geleugnet. Auch muss man zugeben, dass die gewöhnliche Drehung der Hand, wie dieselbe beim Einsetzen eines Pfropfenziehers oder Holzbohrers ausgeführt wird, durch dieses Modell nicht nachgeahmt werden kann. *(Bei der folgenden Beschreibung ist die Ausgangsstellung die gewöhnliche, d. i. diejenige eines stehenden Menschen, welcher die Vorderarmknochen parallel, die Hände in voller Supination hält. Alle Angaben über aussen, innen, medial, lateral etc. sind auf diese Ausgangsstellung zurückzuführen.)* Die mediale Kante der Hand wird nämlich, wenn man die Hand dem Modell gemäss dreht, fast unbeweglich gehalten und der laterale Rand mit dem Daumen macht eine so ausgiebige seitliche Bewegung, dass die Meisten eine solche unnatürlich finden dürften. Ein Blick auf die Figuren 9, 10 und 11 wird genügen, um zu erkennen, dass eine solche ausgiebige Bewegung im gewöhnlichen Leben nie vorkommt. Ich finde nämlich, dass der Ausschlag des lateralen Randes des Radius an dem hölzernen Modell 7.8 Ctm. ausmacht. An dem getrockneten Knochen eines männlichen Skelettes (Fig. 12) beträgt der Ausschlag 9 Ctm.;

Fig. 12.



Untere Fläche der beiden rechten Vorderarmknochen. Der Kreis ist beschrieben, um anzugeben, wie gross die Ortsveränderung des Proc. styl. radii sein würde, für den Fall, dass die Ulna sich nicht bewegte, 9 Ctm.

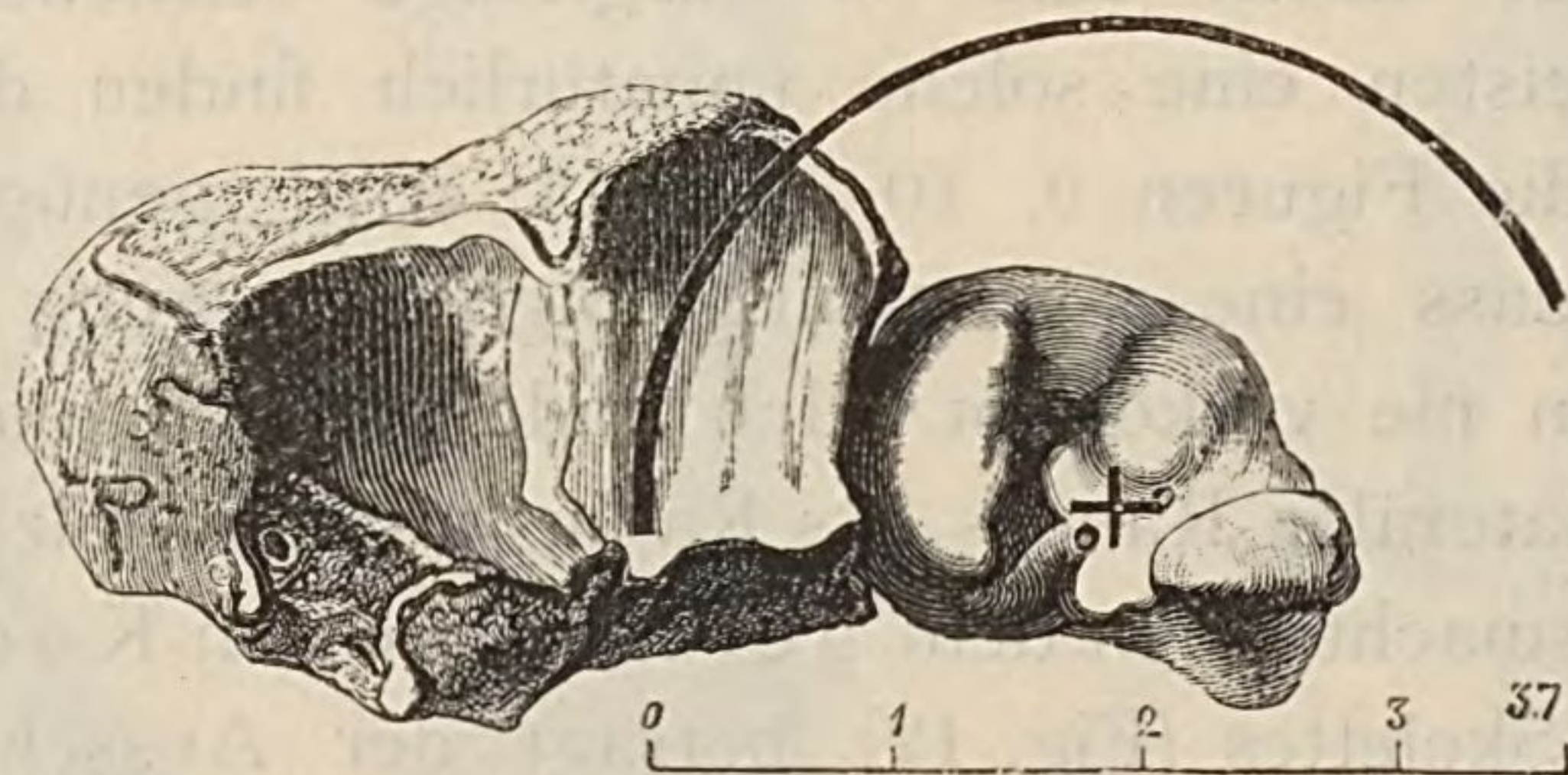
dieselbe Grösse finde ich auch an einem von Muskeln befreiten

Bänderpräparate. An meiner linken Hand, an welcher die Haut und das Fett den Ausschlag natürlich vergrössert, beträgt die Excursion schon 11·2 Ctm. Fasse ich einen Bohrer aber und führe eine physiologische Drehung aus, dann beträgt der Ausschlag des Radius meiner Hand nur 7·5 Ctm.

Wenn man also entweder am Modell oder an der Leiche oder am Lebenden nach der Theorie der ausschliesslichen Radiusdrehung die Bewegung ausführt, so wird der Ausschlag gar zu gross und der ganze Vorgang unnatürlich; diese Theorie ist also nicht im Stande die Function zu erklären.

Koster⁵²⁾ hat schon im Jahre 1880 einen ganz ähnlichen Einwand gemacht, und findet, dass der Halbmesser des vom Radius beschriebenen Halbkreises in der Wirklichkeit um die

Fig. 13.



Untere Fläche der beiden rechten Vorderarmknochen. Der Kreis ist beschrieben um anzugeben, wie gross der Ausschlag eines gefassten Bohrers oder Pfropfenziehers bei unbeweglicher Ulna sein würde, 3·7 Ctm.

Hälfte kleiner ist, als wenn man nach der herrschenden Lehre den Radius um eine feststehende Ulna drehen lässt. Der Lecomte'sche Ringversuch³³⁾ führt auch zu demselben Resultate.

Noch ein zweiter Versuch wird die Unrichtigkeit der Lehre darthun. Bekanntlich fasst jeder einen Bohrer oder einen Pfropfenzieher zwischen dem dritten und vierten Finger und dieser Punkt wird natürlich bei solcher Drehung der Hand unbeweglich gehalten. Nimmt man aber vor sich trockene Knochen des Vorderarmes und diejenige Stelle markirt, welche die verlängerte Axe eines gehaltenen Bohrers treffen würde, und jetzt eine Rotirung des Radius um die unbewegliche Ulna ausführt, dann wird man sehen, dass diese Stelle, welche die verlängerte Axe des Bohrers angibt (Fig. 13), einen Bogen beschreibt und um

3.7 Ctm. medianwärts verlegt wird, ein Verhältniss, welches jedes Bohren unmöglich machen würde.

Die Experimente stimmen also nicht mit der herrschenden Ansicht und es lässt sich nur eine Lösung dieses Widerspruches denken, diejenige nämlich, dass man sich der Meinung von Winslow⁵⁾, Monro⁶⁾, Vicq-d'Azyr¹¹⁾, Boyer¹²⁾, Duchenne²⁵⁾, Gerdy⁴¹⁾, Lecomte³³⁾, Einthoven⁴⁵⁾ und Koster⁵²⁾ anschliesst und annimmt, dass die Ulna bei der Drehung der Hand mitbewegt wird, und zwar in entgegengesetzter Richtung der Bewegung des Radius, denn allein auf diese Weise wäre der im Leben auftretende kleinere Ausschlag des Radius zu Stande zu bringen.

Capitel VI.

Weitergehende Versuche.

Nachdem ich durch die oben mitgetheilten Versuche und durch die Messungen der Ausschläge des Radius per exclusionem zu dem Schlusse gekommen war, dass die Ulna sich bei der Drehung der Hand mitbewegen müsse, handelte es sich zunächst darum, Experimente anzustellen, welche auf positivem Wege dasselbe beweisen könnten.

Das erste zu erfüllende Postulat bestand darin, an der Leiche die Drehung des Humerus auszuschliessen, mit anderen Worten den Humerus gegen den Arbeitstisch zu fixiren. Dieses hat grosse Schwierigkeiten, wenn man den Oberarm unterhalb des Deltamuskels absägt; es ist deshalb anzurathen, im Schultergelenk zu exarticuliren, den Humerus gänzlich vom Muskelfleische zu befreien, mehrere Löcher durch den Knochen sanft durchzubohren, durch diese Nägel in ein Brettchen einzuschlagen, ausserdem längs der Ränder Nägel seitlich einzuschlagen und zuletzt das ganze Brettchen dicht an einer Tischkante anzunageln. Auf diese Weise erreicht man den Oberarm unverrückbar fixirt zu haben, ein Erforderniss, von welchem bei allen solchen Versuchen kein Abstand genommen werden kann.

Ich bin dann von der Voraussetzung ausgegangen, dass sich die Ulna bei der Bewegung ihres unteren Endes um einen festen Punkt am verticalen First ihrer Fossa sigmoidea major drehen müsse. Hieraus würde dann folgen, dass man, wenn das Olecranon künstlich um den Abstand vom Ulnaköpfchen

bis zu der Fossa sigmoidea „verlängert“ wäre, oben gerade denselben Ausschlag finden müsste wie unten. Um jetzt die Richtigkeit dieser Theorie zu prüfen, nagle ich den exarticulirten, entfleischten Oberarm auf die oben beschriebene Weise mit der vorderen oder ventralen Seite nach unten gewendet an, bohre im oberen Ende des Olecranons eine messingene Stange nach der Längsrichtung des ganzen Knochens fest ein und gebe dem freien oberen Ende desselben (von der Fossa sigmoidea ab gerechnet) eine Länge, welche genau dem Abstand jenes Punktes vom Cap. ulnae entspricht. (Ein ähnlicher, aber nicht congruenter Versuch ist von Braune-Flügel⁴⁴⁾ angegeben worden.) Das Olecranon ragt also mit der langen Metallstange frei nach oben hervor und der ganze Unterarm ist im Stande, um das freie Ende des Brettchens bewegt zu werden. Am oberen Ende der Metallstange wird ein Centimetermaass von einem Assistenten gehalten, unten wird der Ausschlag des Proc. styl. radii durch einen Virchow'schen Schädelmesser beobachtet, ich selbst schlage eine Schlinge zuerst um den II., dann um den III., IV. und V. Finger, benutze die äusserste Supination als Ausgangsstellung oder Nullpunkt und erhalte jetzt durch die Pronationsbewegung die folgenden Werthe in Centimetern ausgedrückt:

Fixation	Excursion der Metallstange oben am Olecranon	Excursion des Proc. styl. radii
des zweiten Fingers . . .	2·0	7·0
des dritten Fingers . . .	1·5	7·0
des vierten Fingers . . .	1·0	7·5
des fünften Fingers . . .	0·8	8·3
der ganzen Ulna	0·0	9·4

Aus diesem einfachen Versuche ersieht man folglich, dass sich das „verlängerte“ Olecranon durch die Pronation bewegt, und um so mehr, je weiter die Fixation von der allgemein angenommenen Axe entfernt wird, und es ist wohl jetzt ein ganz folgerichtiger Schluss, dass die Metallstange oben die Excursion des Köpfchens der Ulna unten genau angibt. Dass man auch beim fixirten V. Finger einen Ausschlag beobachtet, ist zu erwarten, da die Verlängerung der erwähnten Axe medial vom V. Finger fällt (Fig. 9, 10 und 11). Der Ausschlag des unteren Endes des Radius steht im umgekehrten Verhältnisse zu demjenigen des verlängerten Olecranons; wenn man die Hand

nach dem gewöhnlichen Schema oder mit fixirter Ulna pronirt, so bekommt man oben am Olecranon keinen Ausschlag, unten am Radius aber den grösstmöglichen, 9·4 Ctm., und bei der grössten Bewegung des Olecranons erhält man vom Radius den kleinsten Ausschlag, 7·0 Ctm. Man ist also gezwungen zu schliessen, dass sich die Ulna bei der Drehung der Hand bewegt, und zwar unten am Köpfchen durch eine grössere und oben am natürlichen Olecranon durch eine kleinere Excursion.

Meine nächste Aufgabe bestand darin, die verschiedenen Excursionen einer noch genaueren Prüfung zu unterwerfen.

Um jetzt weiter die isolirten sowohl als die combinirten Bewegungen der Unterarmknochen zu studiren, war es wünschenswerth, exacte Untersuchungsmethoden zu besitzen, welche die Resultate selbst notiren könnten. Nach einigem Ueberlegen wurde es mir klar, dass irgend eine graphische Methode nothwendig sei. Geschwärztes Papier, auf welchem ich eine Borste schreiben liess, erwies sich als ein zu feines Reagens für diese Gelenkflächen, welche bekanntlich weder rund sind, noch genau an einander passen. Darum blieb ich bei der folgenden Methode stehen, welche leicht zu handhaben ist und gewiss eine ausgedehntere Anwendung im Studium der Gelenklehre verdient. Ich bohrte in der Richtung von unten nach oben kleine mit Pinseln versehene Stifte in die Knochen ein, benetzte die Pinseln mit Tinte, führte die zu untersuchende Bewegung aus und liess dabei die Pinseln auf einer weissen, von einem Assistenten gehaltenen Papierplatte die entsprechenden Curven aufzeichnen. Die in dieser Arbeit mitgetheilten Curven sind alle auf diese Weise gewonnen; das Verfahren bietet auch, wie die graphische Methode im Allgemeinen, den Vortheil, dass es den Beobachter in den Stand setzt, unabhängig von subjectiven Eindrücken, nachträglich die Curven zu vergleichen und ohne Spannung Schlüsse zu ziehen.

Um diese Methode in Anwendung zu ziehen, exarticulirte ich die linke Hand eines kräftigen 32jährigen Verunglückten und fand durch rotirende Bewegung des Ulnaköpfchens um den Radius denjenigen Punkt auf, welcher bei der Rotation still stand und an welchem das periphere Ende der radio-ulnaren Axe folglich hinauslief. Sowohl hier als am Proc. styl. radii wurde in den Knochen eingebohrt und Pinsel angebracht. Der Oberarm wurde gegen ein Brettchen in der angegebenen Weise

mit der ventralen Seite nach unten unverrückbar angenagelt. Die Aufgabe, das Handgelenk jetzt während der Drehung festzuhalten, habe ich in der Weise gelöst, dass ich einen knappen, geölten Ring nach Lecomte³³⁾ um dasselbe schmiegte. Zuerst benutzte ich einen Ring von Metall, aber ich modificirte bald das Material, indem ich einfach ein rundes Loch von entsprechender Grösse in eine Paraffinplatte von 2 Ctm. Dicke einschneiden liess. Dieser Ring ist, je nach der Breite des Handgelenkes, in einigen Minuten darzustellen, und die Platte gibt einen ausgezeichneten Griff für die beiden Hände eines Assistenten. Von der Supinationsstellung ausgehend, führte ich jetzt Drehbewegungen aus, liess die zwei mit Tinte benetzten Pinsel unten gegen das weisse Papier schreiben und erhielt zwei regelmässige krumme Linien als Ausdruck für die Bewegung der beiden Knochen, Fig. 14 und 15. An einer anderen, älteren Leiche erhielt ich die Fig. 16.

Auf diese Weise wurde ich in den Stand gesetzt, die Bewegungen der Knochen genau zu studiren.

Die obere grössere Linie stammt von der Bewegung des Radius, die kleinere, untere von der Bewegung der Ulna her. Die Curve des Radius beschreibt, auf den Kreis hingeführt, ungefähr 90°, die Ortsveränderung beträgt 4.6 Ctm.

Man wird gleich sehen, dass der Bogen keinen Theil eines Kreises bildet, sondern viel flacher ist. Mein verehrter College, Herr Prof. Dr. C. M. Guldberg hierselbst hat durch ungefähre Ausmessung diese Linie als einen Theil eines Pericycloids bestimmt; Pericycloiden entstehen bekanntlich dadurch, dass die Axe, um welche eine Kreisbewegung ausgeführt, längs der Peripherie eines anderen Kreises verschoben wird; und man würde schon aus der Form des Radiusbogens schliessen können, dass derselbe durch Verschiebung des Centrums zu Stande gebracht werde.

Die Curve der Ulna nähert sich vielmehr der Kreisform, bildet fast 180° eines mit einem Halbmesser von ungefähr 1.2 Ctm. beschriebenen Kreises, die Ortsveränderung beträgt 2.5 Ctm.

Dieser Versuch ist sehr leicht nachzumachen, und ein Jeder, welcher die meinigen oder ähnliche Curven betrachtet, muss zugeben, dass der Zweck meines Experimentes vollständig erreicht worden ist. Man ist gezwungen zu schliessen, dass

diejenige Axe (Fig. 14, 15, 16 a'), um welche sich das untere Ende des Radius bewegt, in einem halben Kreise und in entgegengesetzter Richtung verschoben wird, und dass die

Fig. 14.

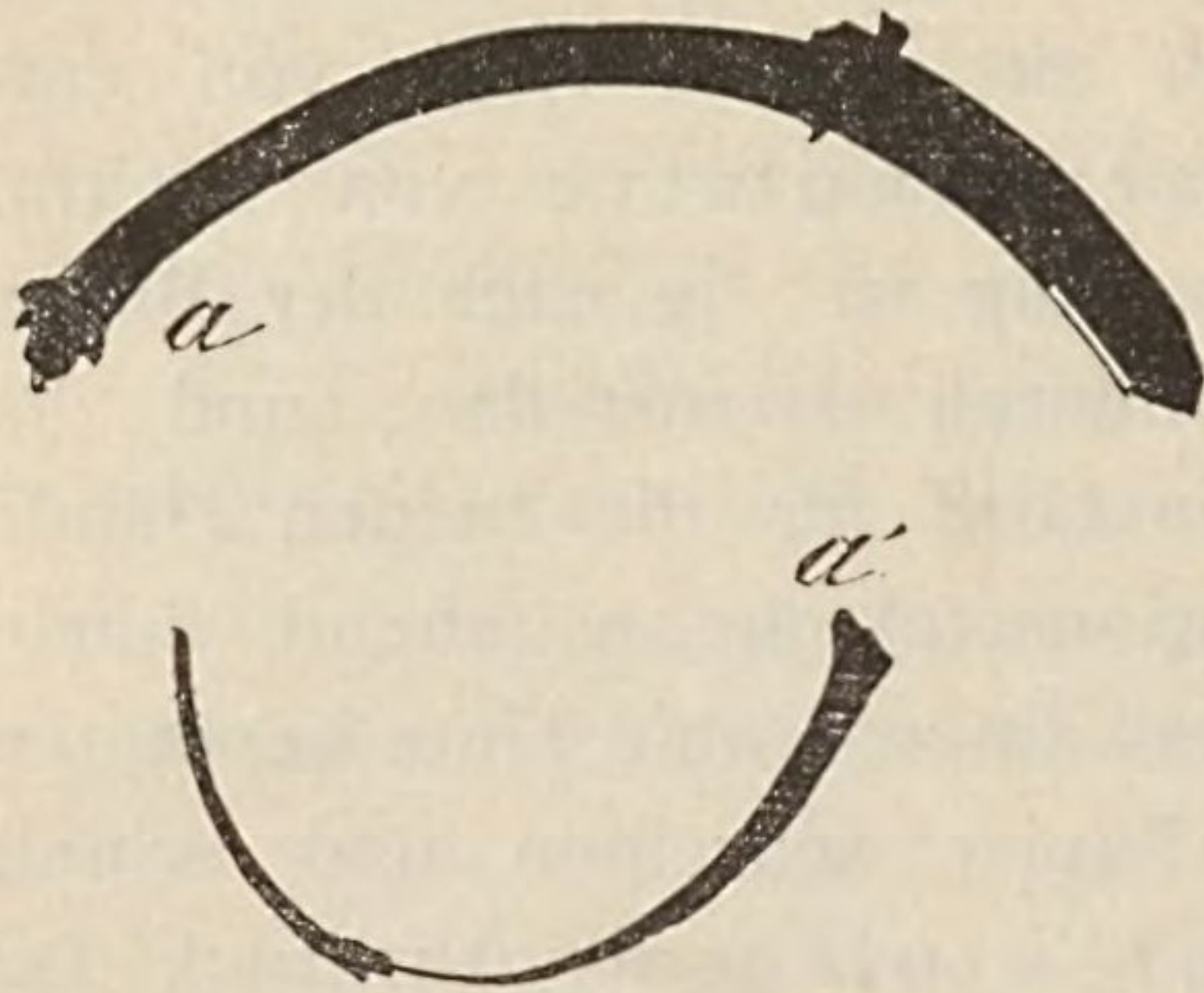
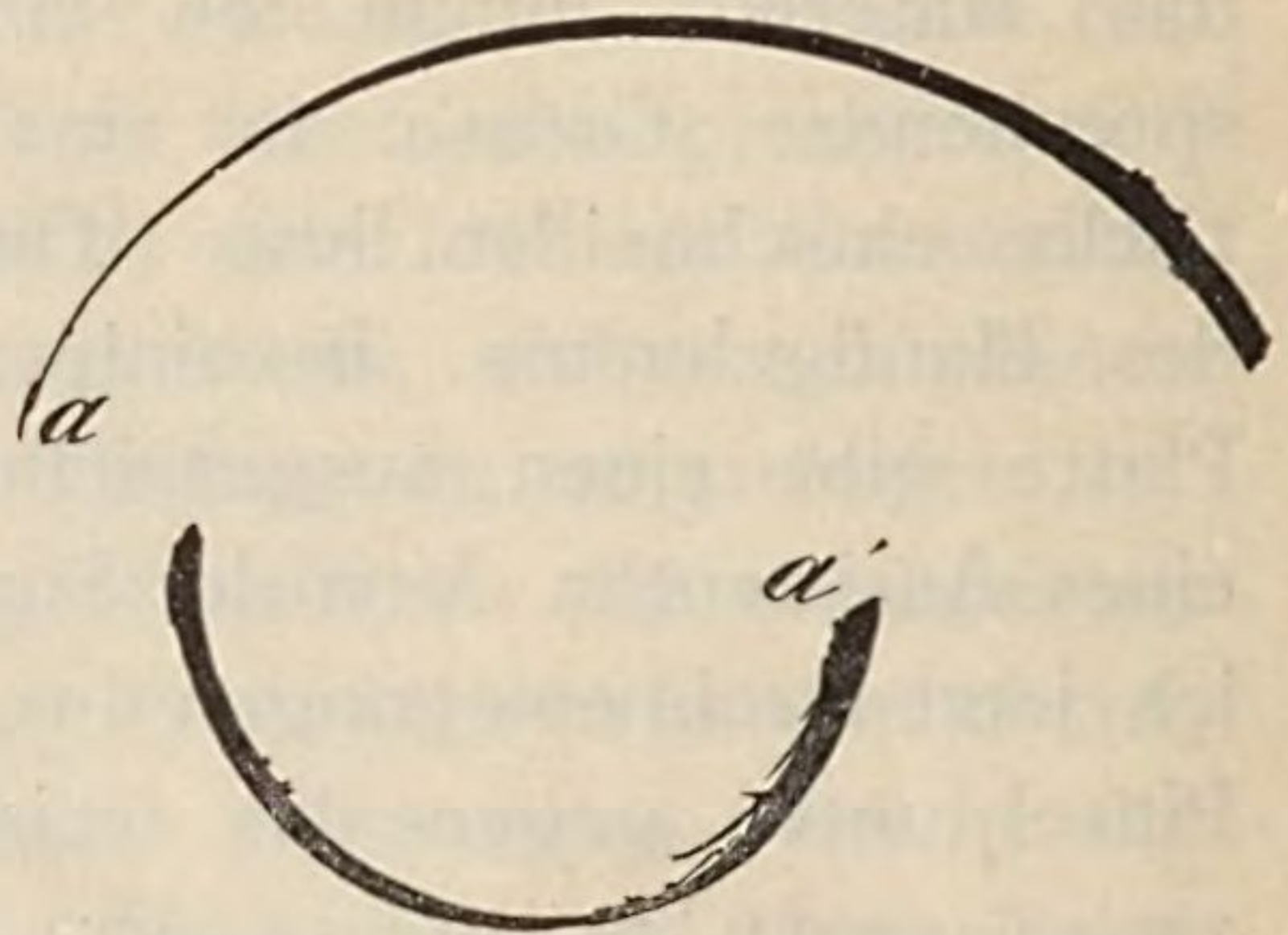


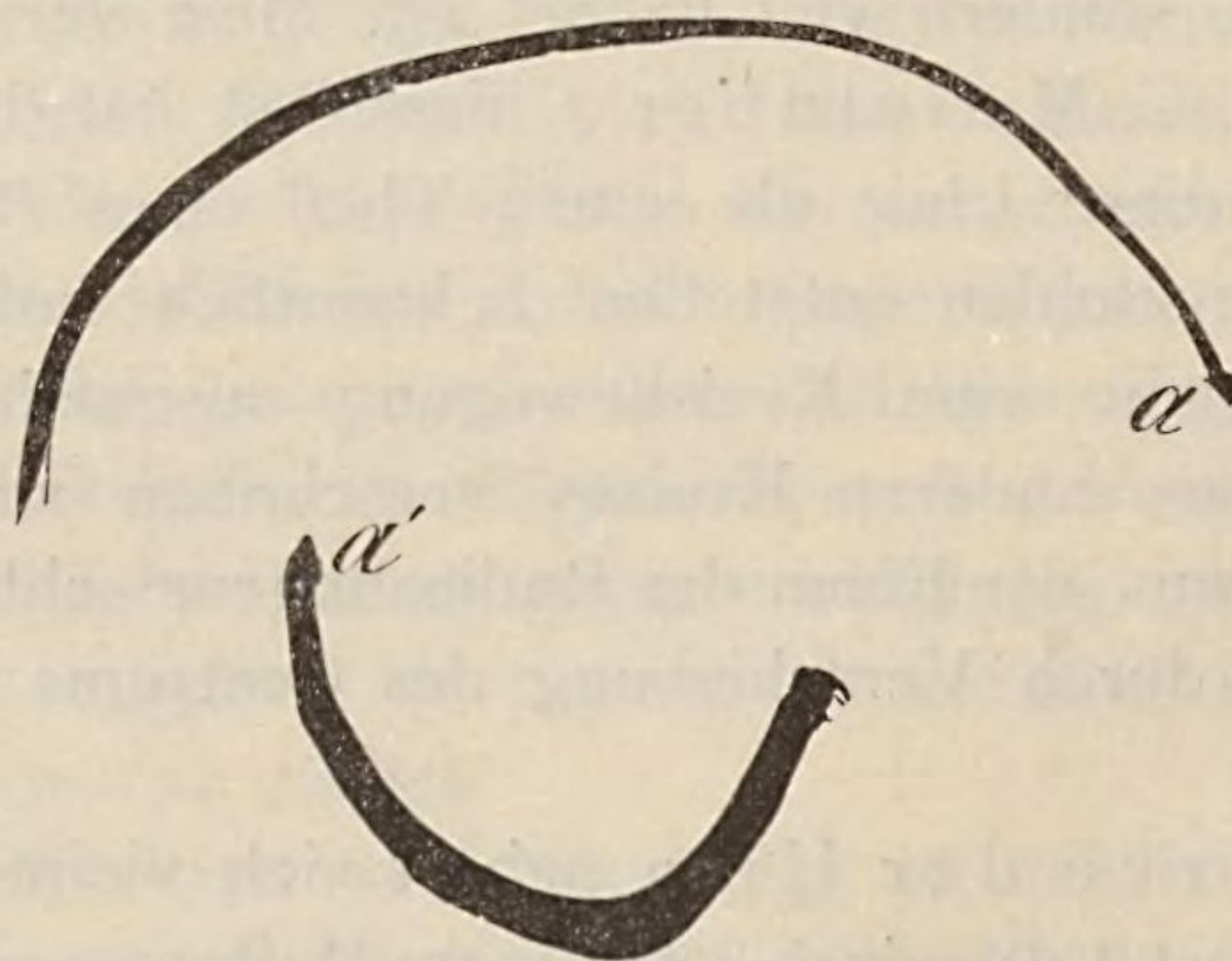
Fig. 15.



Leiche eines kräftigen 32-jährigen Verunglückten. Linker Arm. Die Hand exarticulirt. Zwei in Tinte getauchte, an den beiden Proc. styloideis der Vorderarmknochen angebrachte Pinseln haben diese Linien gegen einen losen von einem Assistenten gehaltenen Papierstreifen gezeichnet, während der Vorderarm von der äussersten Supinationsstellung in die Pronation gebracht wurde, $a-a'$ Ausgangsstellung.

untere kleinere Bogenlinie den exactesten Ausdruck für die Bewegung des unteren Endes der Ulna gibt.

Fig. 16.



Von der Leiche eines 62-jährigen Tischlers. Rechter Arm. Die Curven auf dieselbe Weise wie für Fig. 14 und 15 angegeben, gewonnen. Die Unregelmässigkeit der Linien hängt möglicherweise mit dem hohen Alter zusammen.

Es musste natürlich jetzt nahe liegen, den Vorgang oben am Olecranon zu studiren, denn durch die künstliche Verlängerung desselben hatte ich ja (in Uebereinstimmung mit

Braune-Flügel) eine Verschiebung dieses Theils der Ulna schon constatirt. Ich „verlängerte“ also durch eine Metallstange auf die oben beschriebene Weise das Olecranon derselben Leiche des 32jährigen Verunglückten; der Humerus war festgenagelt, die Hand exarticulirt und das Handgelenk im Paraffinringe fixirt. Der Versuch gelang mir in befriedigender Weise, indem ich genau denselben höchst regelmässigen Ausschlag dortselbst fand (Fig. 17), das will sagen einen in entgegengesetzter Richtung gekrümmten Bogen eines Kreises mit dem Halbmesser von ungefähr 1 Ctm. und von 180° . Von der Ulna haben wir also

Fig. 17.



Von derselben Leiche wie Fig. 14 und 15. Linker Arm. Der in Tinte getauchte Pinsel ist an einer in das Olecranon hineingetriebenen messingenen Stange (sogenannten „verlängertem“ Olecranon) angebracht und hat diese Curve gegen einen vom Assistenten gehaltenen losen Papierstreifen gezeichnet, während der Vorderarm im Ringe, wie für Fig. 14 und 15 angegeben, gedreht wurde. Nullpunkt Supination.

zwei verschiedene Bögen, welche sich Theilen von Kreisen sehr nähern. Der Halbmesser von beiden kann zu 1 Ctm. gesetzt werden, der Bogen zu 180° . Soweit stimmen sie beide. In Bezug auf Oeffnung des Bogens und Richtung der Bewegung sind sie aber einander völlig entgegengesetzt. Der untere Bogen ist nach vorn offen, während der obere sich nach hinten öffnet. Folglich müssen die beiden Bögen einen gemeinsamen Drehpunkt haben, welcher solche hebelartige entgegengesetzte Bewegung ermöglicht.

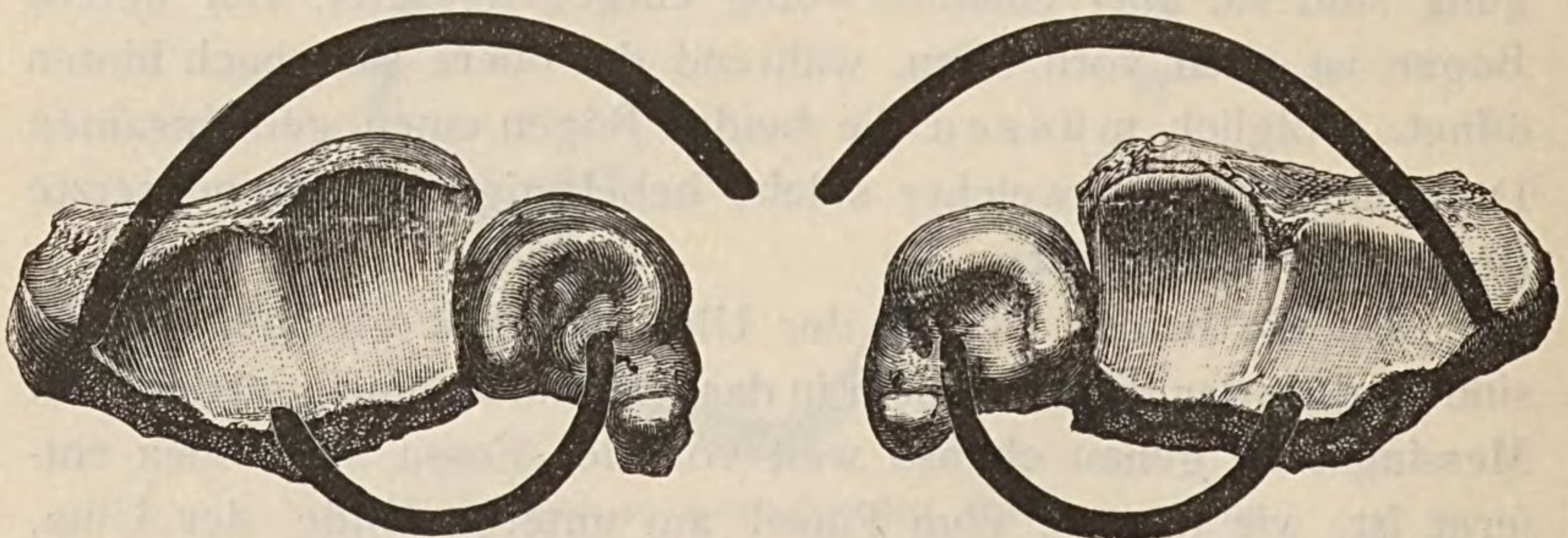
Da die beiden Bögen der Ulna von fast gleicher Grösse sind und da der Pinsel an dem in das Olecranon hineingetriebenen Messingstabe genau ebenso weit von der Fossa sigmoidea entfernt ist, wie letztere vom Pinsel am unteren Ende der Ulna, so ist man berechtigt zu schliessen, dass der Drehpunkt in der Mitte der beiden Pinsel liegt, das will in unserem Falle sagen, in der Fossa sigmoidea ulnae. Mit anderen Worten, meine oben erwähnte Voraussetzung hat sich als vollkommen stichhaltig erwiesen und man darf schliessen, dass die Ulna

zwangsläufig Bögen beschreibt, und zwar unten den Bogen eines grösseren, oben am natürlichen Olecranon aber den Bogen eines kleineren Kreises. Man bekommt einen richtigen Begriff des Vorganges, wenn man einen kleinen Stab, z. B. einen Bleistift, zwischen zwei Fingern oder mittelst einer Pinzette festhält und das eine Ende krumme Linien ausführen lässt; man wird am oberen Ende ganz entsprechende, aber negative Ausschläge erhalten. Man kann dann weiter den Fixationspunkt von der Mitte gegen das eine Ende hin verschieben, und auf diese Weise am einen Ende grössere, am anderen kleinere und jedoch entgegengesetzte Ausschläge erhalten.

Wie hat man sich nun aber die Drehung des ganzen Vorderarms vorzustellen? Wir finden Gleichheit und Ungleichheit mit den Gesetzen, nach welcher sich die Erde und der Mond drehen. Die Gleichheit besteht darin, dass sich der Mond (in diesem Falle der Radius) um eine durch die Erde (die Ulna) gehende Axe bewegt, während sich gleichzeitig die Erde selbstständig um die Sonne weiter bewegt. Die Ungleichheit besteht darin, dass der Halbmesser der Mondbahn der kürzere und der Halbmesser der Erdbahn der weit grössere ist, wodurch letzterer viel flacher wird, während bei der Bewegung der Hand die Verschiebung der Axe um einen mehr gekrümmten Bogen vor sich geht.

Um den Vorgang zu veranschaulichen, habe ich das Schema Fig. 18 ausgearbeitet, an welchen die Curven in die unteren

Fig. 18.



Schema der Bewegungen der vier Knochen der Vorderarme wie man sich dieselben zu denken hat bei der ausgiebigen Pronation mit der Supination oder Parallelstellung des Radius und der Ulna als Nullpunkt.

Flächen der trockenen Knochen hineingezeichnet sind. Die Curven geben die gedachten Ausschläge der beiden ursprünglich parallelen Knochen bei vollständiger Pronationsbewegung an.

Wenn also Duchenne²⁵⁾ behauptet, dass die unteren Extremitäten des Radius und der Ulna gleich grosse Bögen bei der Pronation und Supination beschreiben, so lässt sich diese seine Angabe meiner mehr objectiven Untersuchungsmethode gegenüber nicht aufrechthalten; und Lecomte³³⁾ geht entschieden zu weit, wenn er behauptet, dass es die Ulna sei, welche in der Mehrzahl der Fälle bei der Drehung der Hand den grössten Bogen beschreibe.

Auf diese Weise war ich soweit gekommen, dass man sich sagen musste, solche Curven seien an der Leiche bei ex-articulirter Hand zu erhalten; die nächste Frage wurde dann die, ob ein ähnlicher Vorgang am Lebenden wahrzunehmen wäre. Am Lebenden die Bewegung im Radio-Carpalgelenke direct zu beobachten, ist unmöglich; auch glaube ich kaum, dass man irgend eine Methode ersinnen wird, durch welche man im Stande sein sollte, die Ausschläge der beiden Processus styloidei am Lebenden durch Curven anzugeben, denn die Haut gleitet und bietet keinen festen Punkt für etwa angeklebte Stifte. Deswegen ist man genöthigt, einen anderen Weg einzuschlagen.

Nimmt man einen Bohrer zwischen dem dritten und vierten Finger, setzt denselben in ein Brettchen fest hinein und führt jetzt Pronations- und Supinationsbewegungen auf die Weise aus, dass die verlängerte Linie der Axe des Bohrers die Mittellinie des Vorderarmes trifft, so wird ein Jeder zwei Umstände wahr werden: erstens, dass die Bewegungen der beiden Knochen dieselben sind, gleichgiltig, ob der Lecomte'sche Ring angelegt wird oder nicht, und zweitens, dass die beiden Knochen, wenn man die soeben angegebenen Curven (Fig. 18), daneben hält, vollständig übereinstimmende Linien beschreiben. Obschon die Haut sich etwas verschiebt, so werden jedoch zwei schwarze Tintenmarken die Ausschläge anschaulicher machen. Dieses Verhältniss tritt ganz besonders hervor, wenn man die eigene Hand gegen einen verticalen Spiegel „bohrende“ Bewegungen ausführen lässt, dieselbe von oben her betrachtet und den Vorderarm auf die Weise gegen den Spiegel richtet, dass sich die beiden Knochen im Spiegelbilde gerade frei von der Hand zeigen.

Aehnliche, auf der subjectiven Auffassung beruhende Versuche werden hoffentlich in der Zukunft schon geeignet sein, den Vorgang zu veranschaulichen, bei dem jetzigen

Stände der Lehre über die Drehung der Hand sind dieselben jedoch nicht ausreichend gewesen, um eine neue Lehre zu begründen. Das beweisen schon die wenig beachteten Versuche von Vicq-d'Azyr¹¹⁾ am Schlusse des vorigen Jahrhunderts, sogar diejenigen von Duchenne²⁵⁾, Lecomte³³⁾ und Gerdy⁴¹⁾ in neuerer Zeit.

Es war mir deshalb klar, dass man eine andere Brücke zwischen dem Leichenexperimente und dem Vorgang am Lebenden schlagen müsse. Weil also, wie oben angegeben, Versuche unten am Capitulum ulnae nach meiner Meinung wenig zu hoffen gaben, bin ich zu dem jetzt zu beschreibenden Versuche geschritten, bei welchem es meine Absicht war, oben am Olecranon des Lebenden die Ausschläge des Hebelarms der Ulna zu controliren. Dies war mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft, da unbewusste Intensionen bei solchen Versuchen eine gewisse Rolle spielen. Das Versuchsindividuum musste eingeübt werden und erst nach einigen misslungenen Voruntersuchungen gelang es mir, einen correcten Versuch auszuführen. Die hierselbst mitgetheilten Curven sind z. B. alle bei abgewendeten Augen gewonnen.

Das Olecranon musste künstlich „verlängert“ werden, was auf folgende Weise ausgeführt wurde. Längs der Ulna (Fig. 19) wurde eine Messingstange mittelst Heftpflaster und zweier Gummiringe befestigt; dieselbe wurde oben am Olecranon etwas nach vorn, dann noch einmal nach oben gebogen, so dass das verlängerte obere Ende der Richtung der Markhöhle der Ulna entsprach, und also mit dem in diesen Knochen am vorher erwähnten Leichenversuche eingebohrten Messingstabe so genau wie möglich übereinstimmte; am oberen Ende der Stange wurde ein Pinsel angebracht, dessen Spitze ebenso weit vom Kopfe der Ulna entfernt war, wie letzteres von der Fossa sigmoidea, circa 22 Ctm. Auf diese Weise gelang es, das Olecranon zu verlängern. Der Arm wurde rechtwinkelig gebogen, der Oberarm fixirt, die Hand so genau wie möglich in die verlängerte Axe des Unterarms gehalten, die Finger gebogen und zwischen dem dritten und vierten Finger ein Holzbohrer, welcher 4 Ctm. tief in ein Holzklötzchen eingebohrt war, gefasst. Der Lecomte'sche Ring erwies sich als überflüssig. Im Anfang ging ich von unserer anatomischen Ausgangsstellung der Supination mit parallelen Unterarmsknochen aus, die Curven waren jedoch

unbefriedigend. Nachdem ich aber auf den glücklichen Gedanken

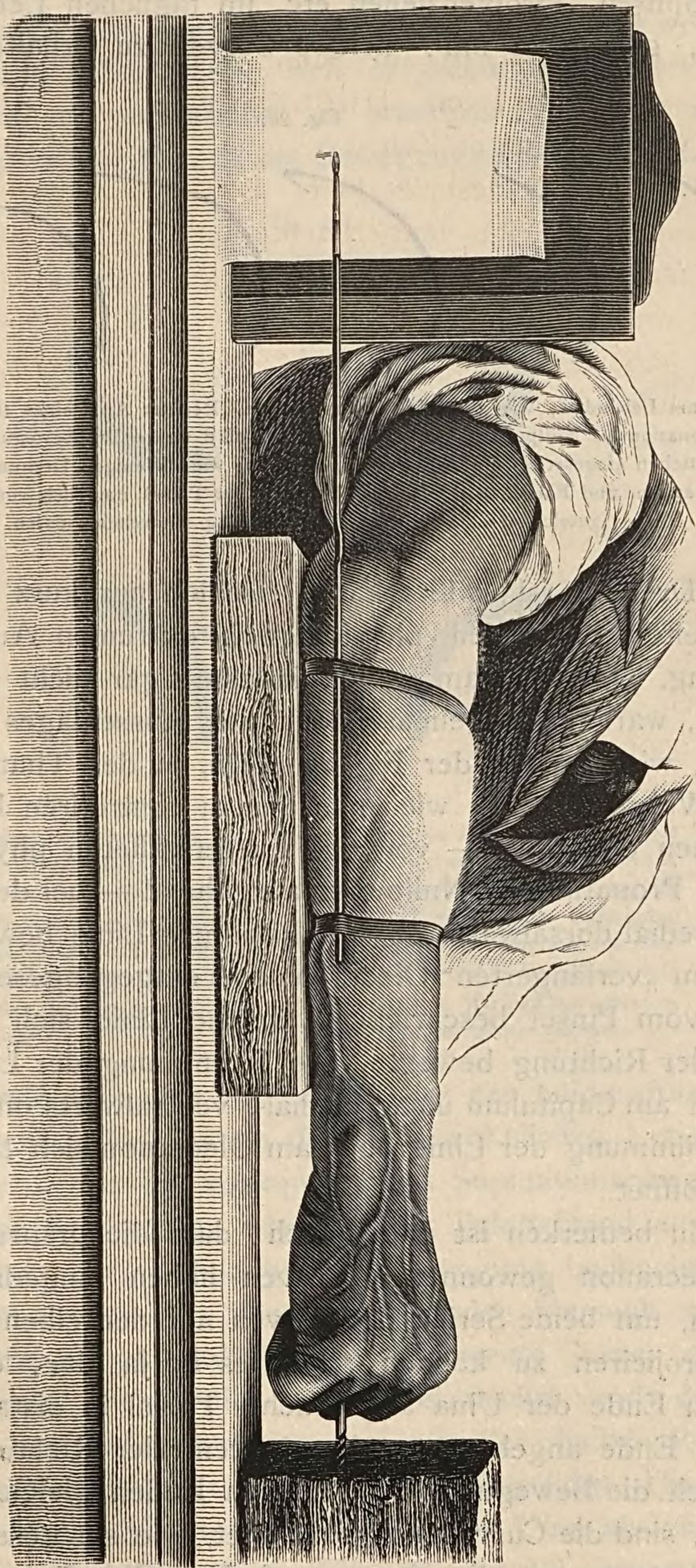


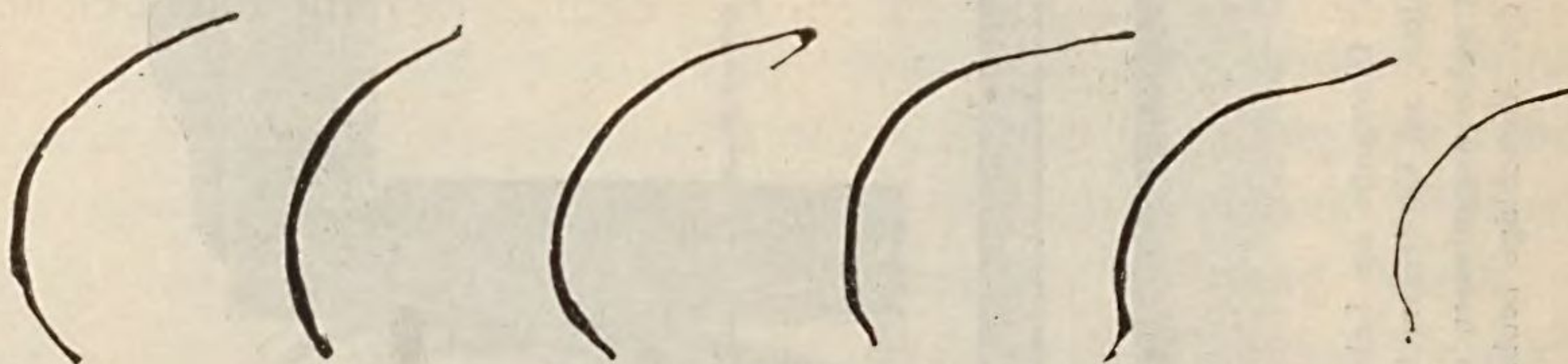
Fig. 19.

„Verlängertes“ Olecranon am Lebenden, nach einer Photographie. In einen hölzernen Klotz wird ein Bohrer eingesetzt, derselbe gefasst, der Arm gebogen gehalten, am Vorderarm längs der Ulna ein Messingstab mittelst Gummiringe und Heftpflaster (welches letztere jedoch der Deutlichkeit wegen in der Photographie weggelassen wurde) befestigt. Am oberen Ende des Messingstabes ein Pinsel, an welchem man theils die Grösse, theils die Form der Ausschläge beobachtet. Halbe Pronation Nullpunkt, Supinationsbewegungen ausgeführt. Die Curven zu sehen Fig. 20.

gekommen war, von der halben Pronationsstellung auszugehen

und Supinationsbewegungen machen zu lassen, wie wir solche beim Bohren, Pfropfenziehen etc. im täglichen Leben alle ausführen, gelang es mir, sichere Curven zu erhalten (Fig. 20).

Fig. 20.



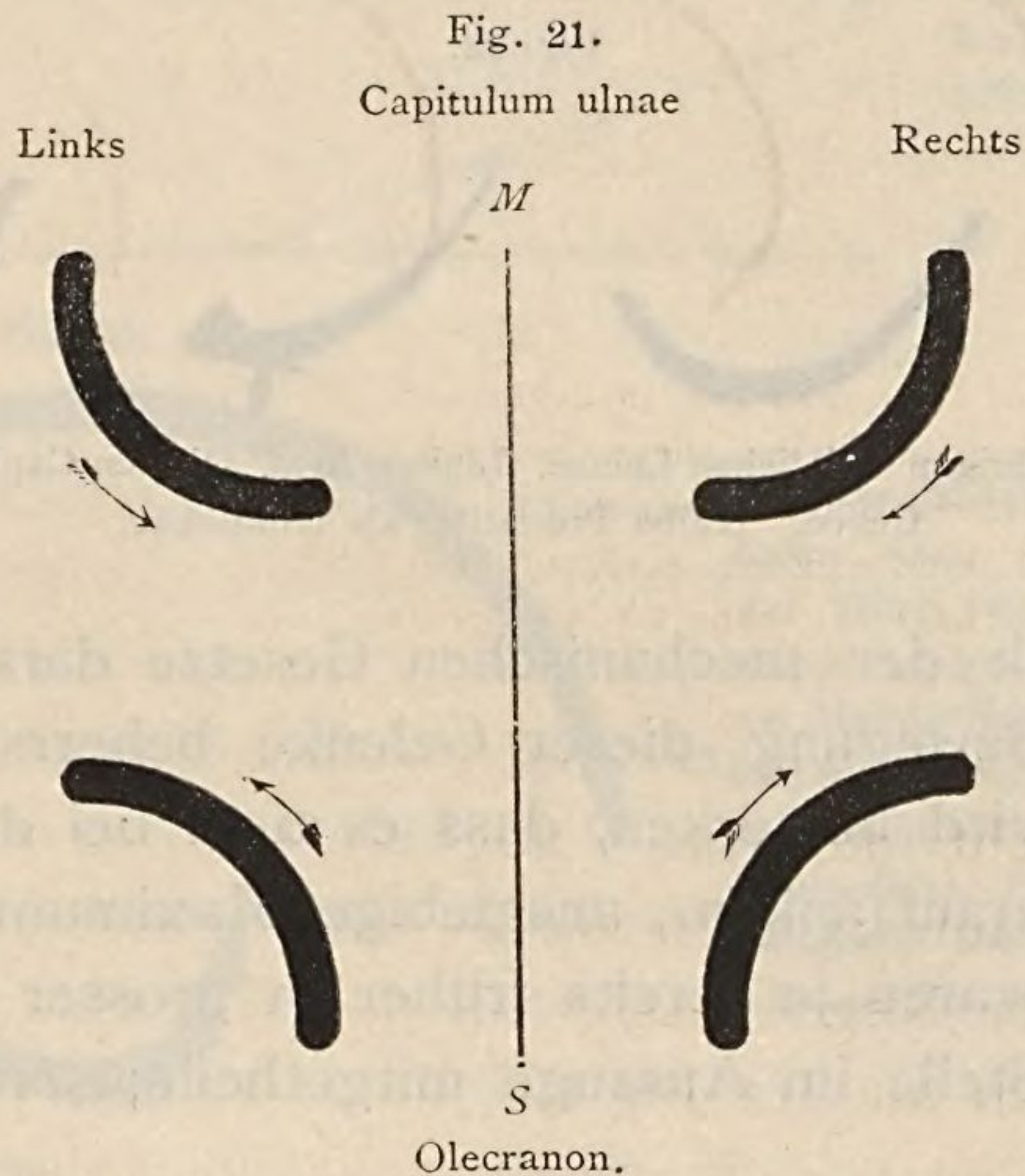
Versuch am Lebenden, wie oben Fig. 19 angegeben. Rechter Arm eines 40-jährigen Mannes. Halbe Pronation als Nullpunkt. Von dieser Stellung sind wahre Drehbewegungen mittelst eines in ein Brettchen eingesetzten Bohrers ausgeführt, ganz wie diejenigen Drehungen, welche Jeder beim Schrauben und Bohren wirklich ausführt. Da der Pinsel natürlich von unten nach oben gezeichnet hat, habe ich die Zeichnung umdrehen müssen.

Diese Drehung ist, wie erkannt, freilich nur kurz und erreicht bei Weitem nicht den physiologisch extremen Ausschlag der Drehung. Darauf kam es mir indessen gar nicht an; was ich suchte, war nur Regelmässigkeit des Ausschlages und solche wurde, wie man an der Fig. 20 sieht, in der That erreicht.

Während jetzt, wie man genau controliren konnte, das Köpfchen der Ulna — von der letzterwähnten physiologischen halben Pronation als Nullpunkt ausgehend — bei der Supination sich medial dorsalwärts in einer krummen Linie bewegte, wurde oben am „verlängerten“ Olecranon eine entgegengesetzte krumme Linie vom Pinsel beschrieben, welche Linie sich in lateraler, ventraler Richtung bewegte. Die Krümmung der Linie ist auch unten am Capitulum ulnae medial-, ventralwärts offen, während die Krümmung der Linie oben am Olecranon sich lateral-dorsalwärts öffnet.

Zu bemerken ist dabei noch, dass die ursprünglich oben am Olecranon gewonnenen Curven haben umgedreht werden müssen, um beide Serien der Curven auf denselben horizontalen Plan projiciren zu können, denn es ist ja klar, dass der am unteren Ende der Ulna angebrachte Pinsel in distaler, der am oberen Ende angebrachte aber in centraler Richtung schreibt. Um sich die Bewegungen der beiden Enden gleichzeitig vorzustellen, sind die Curven so gezeichnet, wie sie gesehen worden wären, wenn man die oberen auf einer Glasplatte aufgefangen hätte.

Weil es auch, wenn der Arm im Ellenbogen flectirt wird und dabei sogar mit dem Rücken nach oben zu liegen kommt, und ebenso wenn man genöthigt ist, die beiden Arme zu wechseln, Schwierigkeiten haben kann, sich in jedem Augenblicke über medial, lateral etc. unmittelbar zu orientiren, so habe ich zur Erleichterung in der Fig. 21 ein Bewegungsschema darüber aus-



Schema der Bewegungen der Ulna am unteren Ende sowohl als am oberen Ende, am sogenannten verlängerten Olecranon, links und rechts, wie dieselben beim Bohren, Einsetzen eines Pfropfenziehers etc. im gewöhnlichen Leben ausgeführt werden, dass will sagen: nicht ganz extreme Supinationsbewegungen mit halber Pronationsstellung als Ausgangspunkt. Die Curven geben die Ausschläge der Pinsel wieder, wie dieselben bei der Betrachtung von oben hinten in Wirklichkeit gesehen werden. *M—S.* Der mediale Sagittalplan des ganzen Körpers.

gearbeitet, wie man sich die Ausschläge der beiden Enden der Ulna zu denken hat, wenn die im gewöhnlichen Leben beim Bohren u. s. w. so oft vorkommenden Supinationsbewegungen entweder mit der rechten oder mit der linken Hand ausgeführt werden und man von oben her die Bewegung beobachtet.

Sodann wurde ein übereinstimmender Versuch an der Leiche gemacht und vollkommen congruente Curven erhalten. Hierbei wurde zuerst die Hand exarticulirt und dieselben schwachen Supinationsbewegungen, mit der halben Pronation als Ausgangsstellung, wie am Lebenden ausgeführt. Die Curven wurden direct sowohl am unteren Ende der Ulna als auch oben am „verlängerten“ Olecranon (Fig. 22 und 23) gewonnen und mit den am Olecranon des Lebenden erhaltenen verglichen.

Wir geben diese Curven hierselbst unten wieder, und es sind diejenigen des Olecranon natürlich auch so gezeichnet, als ob sie von oben gesehen worden wären. Ein Jeder wird sich davon überzeugen, wie exact diese Pinselversuche arbeiten und aus den übereinstimmenden Resultaten der Versuchsreihen ersehen, dass die an der Leiche gewonnenen Curven einen cor-

Fig. 22.



Versuch an einer 33-jährigen weiblichen Leiche. Linker Arm. Die am Capitulum ulnae erhaltene Curve. Halbe Pronation als Nullpunkt.

recten Ausdruck der mechanischen Gesetze darstellen, welche im Leben die Bewegung dieser Gelenke beherrschen und umgekehrt. Man wird bemerken, dass es auch bei den letzten Versuchen nicht darauf ankam, ausgiebige Maximumscurven zu erhalten; solche waren ja bereits früher in grosser Zahl gewonnen und an dieser Stelle im Auszuge mitgetheilt; sondern mein Ziel

Fig. 23.

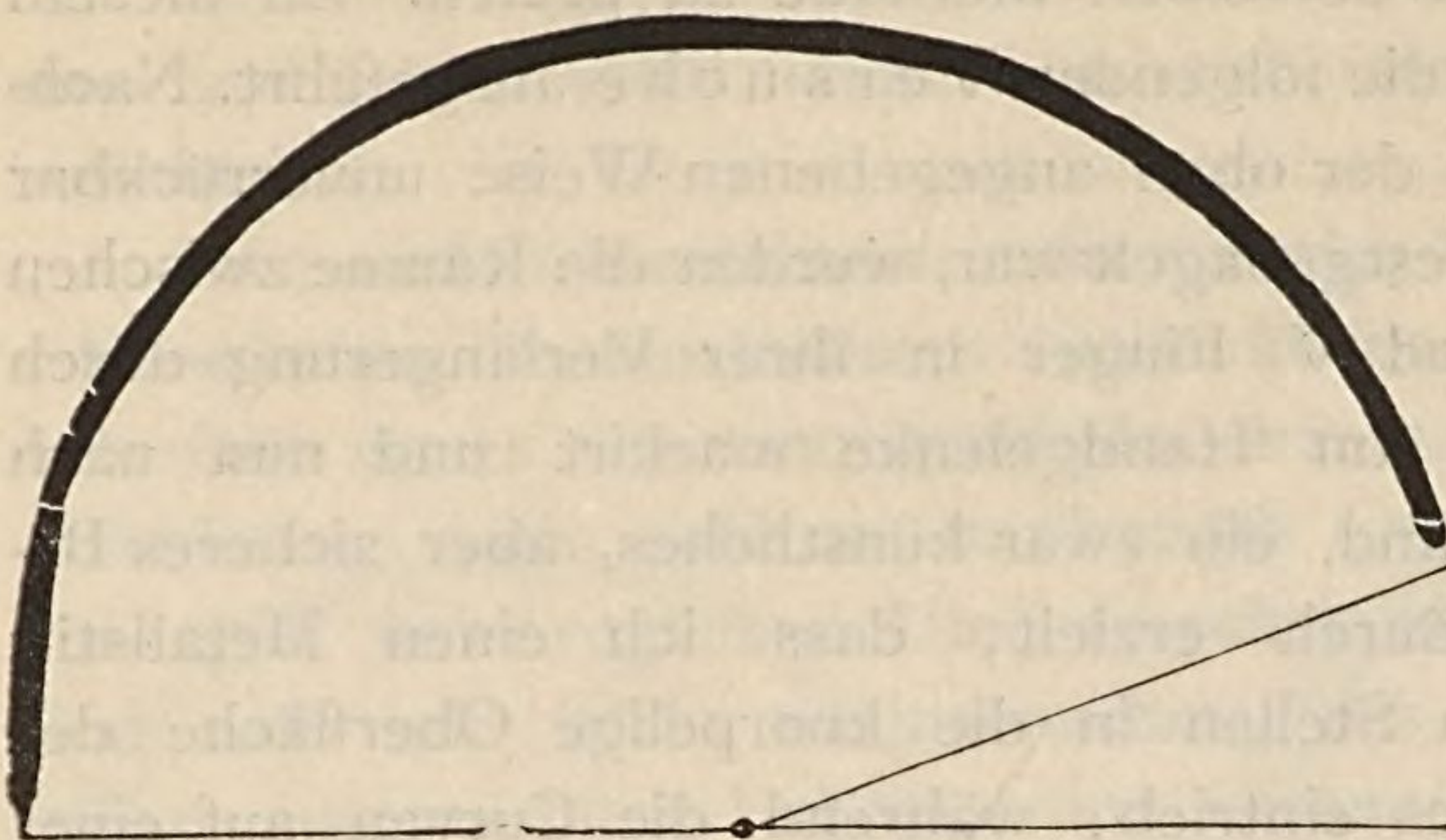


Derselbe Versuch wie Fig. 22. Linker Arm einer 33-jährigen weiblichen Leiche. Die am „verlängerten“ Olecranon erhaltenen Curven, welche haben umgedreht werden müssen, um sie in derselben Projection sehen zu können wie, wie die am unteren Ende der Ulna gewonnenen Curven, das will sagen: von oben nach unten. Halbe Pronation als Nullpunkt.

war diesmal nur die Präcision und Uebereinstimmung derartiger Versuche einmal am Lebenden und dann an der Leiche in einer klaren unwiderlegbaren Weise darzuthun.

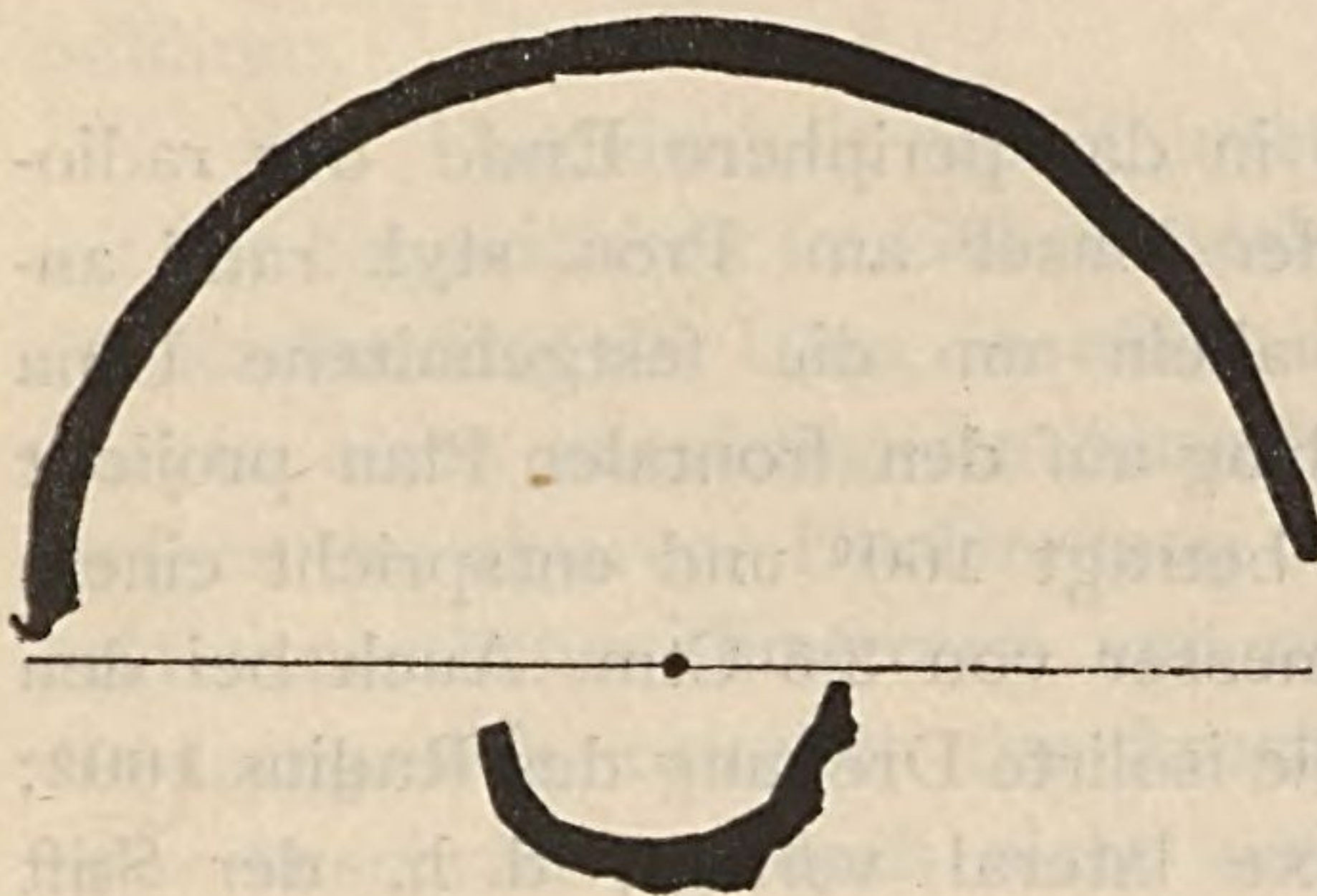
Ebenso wie ein intelligenter Beobachter es dazu bringen kann, seinen eigenen Radius um die feststehende Ulna zu bewegen (Koster gegen Lecomte), ebenso kann man durch Uebung auch dahin gelangen, die Ulna um den Proc. styl. radii zu drehen. Wenn dies aber am Lebenden möglich ist, so darf man auch hoffen, an der Leiche die Curven erhalten zu können, welche diesen extremen Ausweichungen der beiden Vorderarmknochen entsprechen, wobei es nahe liegt, auch die verschiedenen

Fig. 24.



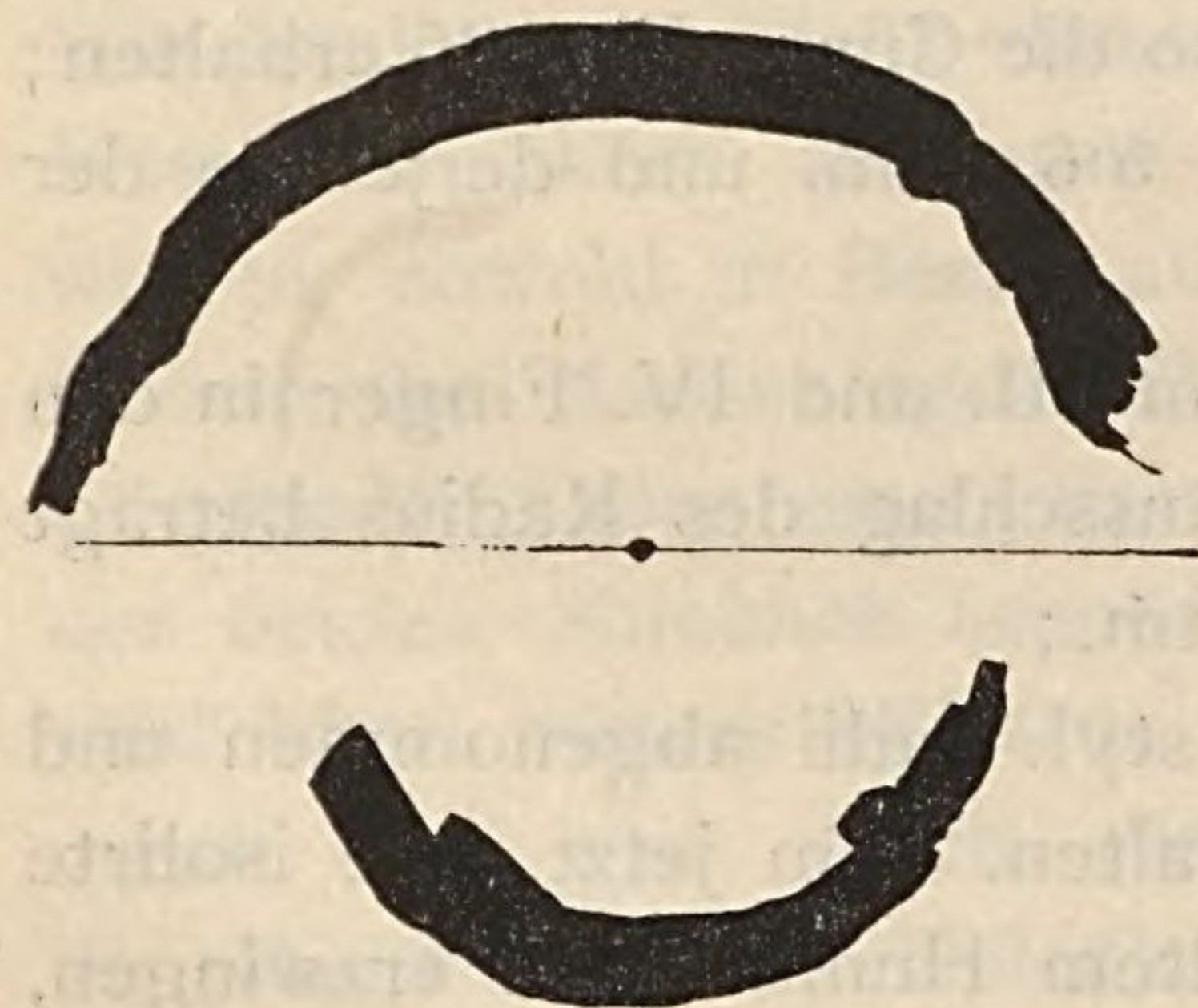
33-jährige weibliche Leiche, linker Arm, die Hand exarticulirt, Humerus entfleischt an einem Brettchen festgenagelt. In das Capitulum ulnae ein Metallstift eingetrieben und isolirte Radiusdrehung ausgeführt. Supination Nullpunkt.

Fig. 25.



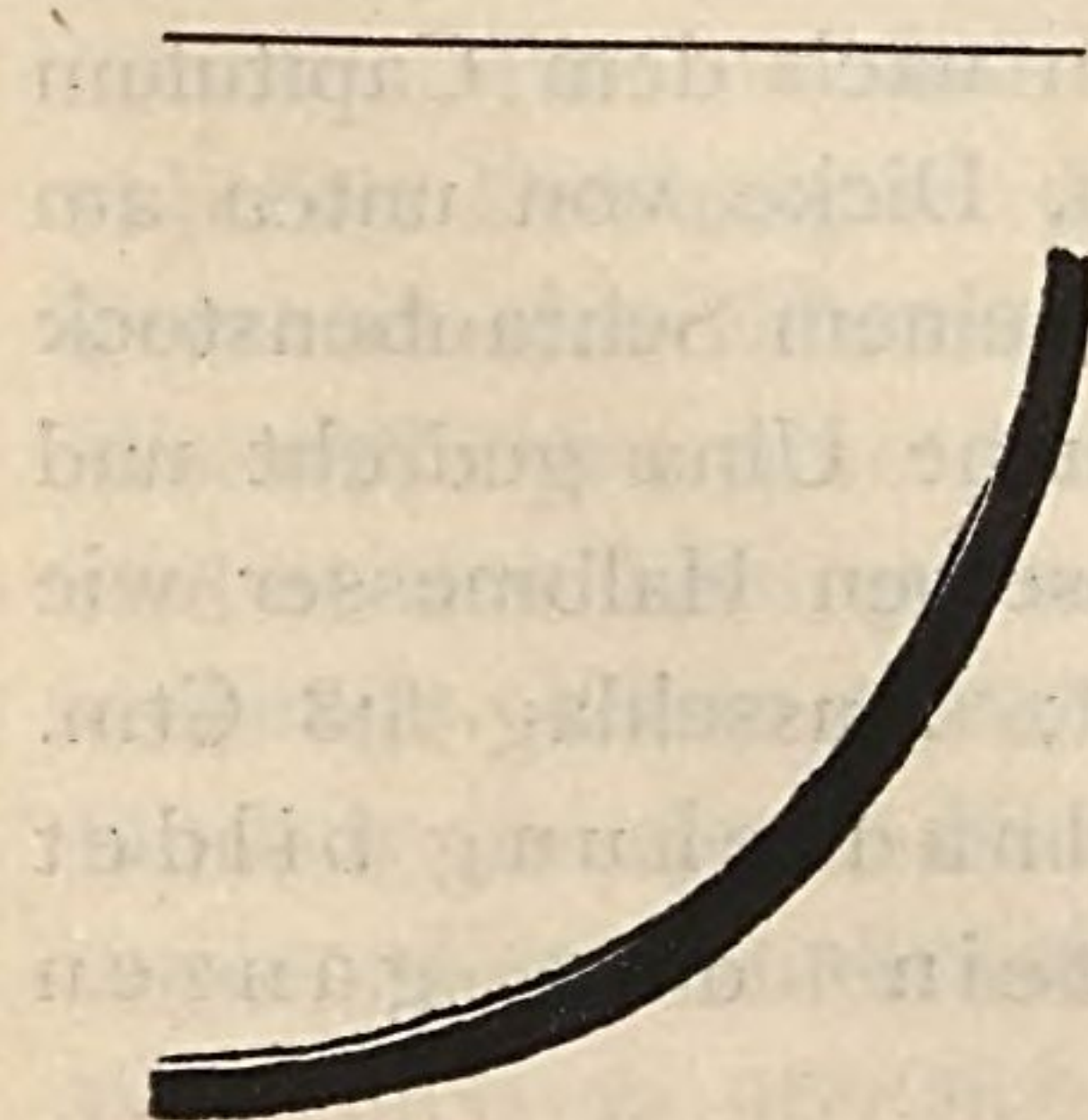
Dieselbe 33-jährige weibliche Leiche, linker Arm. Vor der Exarticulation der Hand wurden die vier Finger durch farbige verlängerte Linien oben am Handgelenk markirt. In die dem Raume zwischen dem IV. und V. Finger entsprechende Stelle der unteren knorpeligen Fläche des Radius ein Metallstift hineingetrieben, Drehungen ausgeführt. Supination Nullpunkt.

Fig. 26.



Dieselbe 33-jährige weibliche Leiche, linker Arm. Finger markirt. In die dem Raume zwischen dem III. und IV. Finger entsprechende Stelle der unteren knorpeligen Fläche des Radius, wo die Meisten einen Bohrer fassen, ein Metallstift hineingetrieben, Drehungen ausgeführt. Supination Nullpunkt.

Fig. 27.



64-jährige männliche Leiche. Linker Arm. Die Hand exarticulirt. Der entfleichte Humerus an einem Brettchen festgenagelt. Durch die ganze Länge des Radius eine 4 Mm. dicke Messingstange eingetrieben; um dieselbe sind isolirte Drehungen des mit einem Pinsel versehenen Capitulum ulnae vorgenommen. Supination Nullpunkt.

Mittelstellungen nach derselben Methode zu prüfen. Zu diesem Zwecke wurden auch die folgenden Versuche ausgeführt. Nachdem der Humerus in der oben angegebenen Weise unverrückbar auf einem Brettchen festgenagelt war, wurden die Räume zwischen dem II., III., IV. und V. Finger in ihrer Verlängerung durch farbige Linien oben am Handgelenke markirt und nun nach Exarticulation der Hand, ein zwar künstliches, aber sicheres Bewegungscentrum dadurch erzielt, dass ich einen Metallstift an den bezeichneten Stellen in die knorpelige Oberfläche des radio-ulnaren Gelenkes eintrieb, während die Curven auf einer lose an diesem Stifte hängenden Papierplatte aufgefangen wurden:

1. wird der Metallstift in das periphere Ende der radio-ulnaren Axe eingetrieben, der Pinsel am Proc. styl. radii angebracht und der Radius allein um die festgehaltene Ulna gedreht, Fig. 24. Der Ausschlag auf den frontalen Plan projicirt beträgt 7 Ctm. Der Bogen beträgt 160° und entspricht einem Kreisbogen mit einem Halbmesser von 3.5 Ctm. Auch bei den meisten Lebenden finde ich die isolirte Drehung des Radius 160° ;

2. wird die Drehungsaxe lateral verlegt, d. h. der Stift zwischen dem IV. und V. Finger in den Radius eingetrieben, die Ulna mit Pinsel versehen und so die Curve Fig. 25 erhalten; der Ausschlag des Radius beträgt 5.6 Ctm. und derjenige der Ulna 1.5 ;

3. wird der Stift zwischen dem III. und IV. Finger in den Radius eingetrieben, Fig. 26, der Ausschlag des Radius beträgt 4.5 Ctm., derjenige der Ulna 2.5 Ctm. ;

4. wird der Pinsel am Proc. styl. radii abgenommen und allein derjenige an der Ulna beibehalten. Um jetzt eine isolirte Ulnadrehung bei schon festgenageltem Humerus zu erzwingen, wurde auch der Radius auf die Weise fixirt, dass ich durch die ganze Markhöhle des Knochens bis oben nach dem Capitulum radii einen runden Messingstab von 4 Mm. Dicke von unten am Proc. styloid. eintrieb; der Stab wurde in einem Schraubenstock festgehalten, die mit einem Pinsel versehene Ulna gedreht und die Curve Fig. 27 erhalten. Sie hat denselben Halbmesser wie die Curve Fig. 24, umfasst aber nur 80° ; Ausschlag 3.3 Ctm. Dieser Versuch der isolirten Ulnadrehung bildet gewissermassen den Schlussstein der ganzen Arbeit.

Die Figuren 24—27 sind in der Weise angeordnet, dass man leicht übersehen kann, wie sich der Drehpunkt lateral verschiebt.

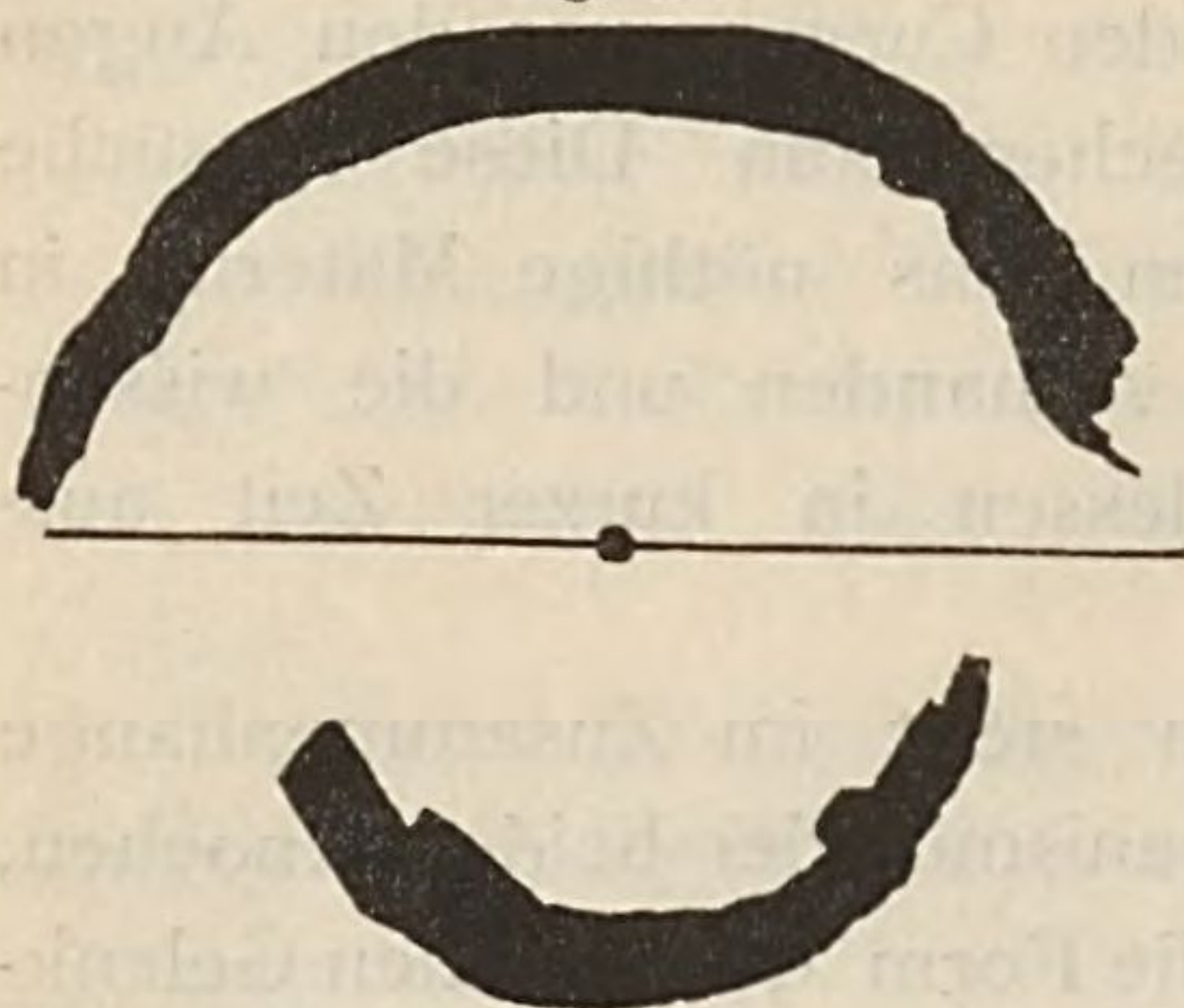
Mit diesen Versuchen hoffe ich der Lehre von der ausschliesslichen Radiusdrehung festen Boden entzogen zu haben; jedenfalls ist es mir unbegreiflich, wie man mit diesen verschiedenen, noch mehr zu variirenden Curven vor den Augen von einer unbeweglichen Ulna sprechen kann. Diese Versuche sind auch sehr leicht nachzumachen, das nöthige Material in jedem anatomischen Laboratorium vorhanden und die wissenschaftliche Controle in Folge dessen in kurzer Zeit auszuführen.

Die Ungleichheit der Curven steht im Zusammenhange mit der Ungleichheit im Gelenkmechanismus der beiden Knochen, des Radius und der Ulna, insofern die Form der radialen Gelenkflächen einen ausgiebigeren Ausschlag erlaubt als der Bau derjenigen der ulnaren. Die Drehung der Ulna findet nach unten hin kein wesentliches Hinderniss und oben wird der Ausschlag durch die Congruenz zwischen der Trochlea und der Fossa sigmoidea zwar beschränkt, jedoch nicht verhindert. Von den beiden extremen Curven Fig. 24 und 27 ausgehend, wird man an den Mittelstellungen leicht übersehen, wie die beiden Knochen nach Massgabe ihrer absoluten Beweglichkeit auf einander einwirken, sowohl in Bezug auf die Form der Curven als auf die Grösse des Ausschlages. Duchenne²⁵⁾, Gerdy⁴¹⁾ und Lecomte³³⁾ haben eine Ortsveränderung der gemeinsamen Axe der beiden Knochen schon erwähnt; ähnliche Curvenversuche sind aber meines Wissens nicht gemacht worden und doch erhält man erst durch diese eine ausreichende Einsicht in die Functionen der Gelenke, auf welchen das beruht, was man wohl die Elasticität oder Adaption der Hand bezeichnen könnte. Wie oft sind wir im täglichen Leben veranlasst, die subtilen Drehungen der Hand zu bewundern; was aber diese Feinheit der Handbewegungen ermöglicht, sind ja eben im Wesentlichen nur die mechanischen Gesetze, deren Ausdruck wir in den hier gewonnenen Curven vor uns haben. Eine feststehende Ulna würde viele feinere Arbeiten überhaupt unausführbar machen. Nur durch den Umstand, dass keiner der beiden Unterarmknochen auf eine unabänderliche Art der Rotation, sei es um sich selbst, sei es um den anderen angewiesen

ist, sondern dass beide um verschiedene sowohl gesonderte als gemeinsame Axen zu kreisen vermögen, gelangen wir in den Besitz eines so unentbehrlichen Instrumentes, wie dies die Hand mit ihrem Drehungsvermögen für uns ist.

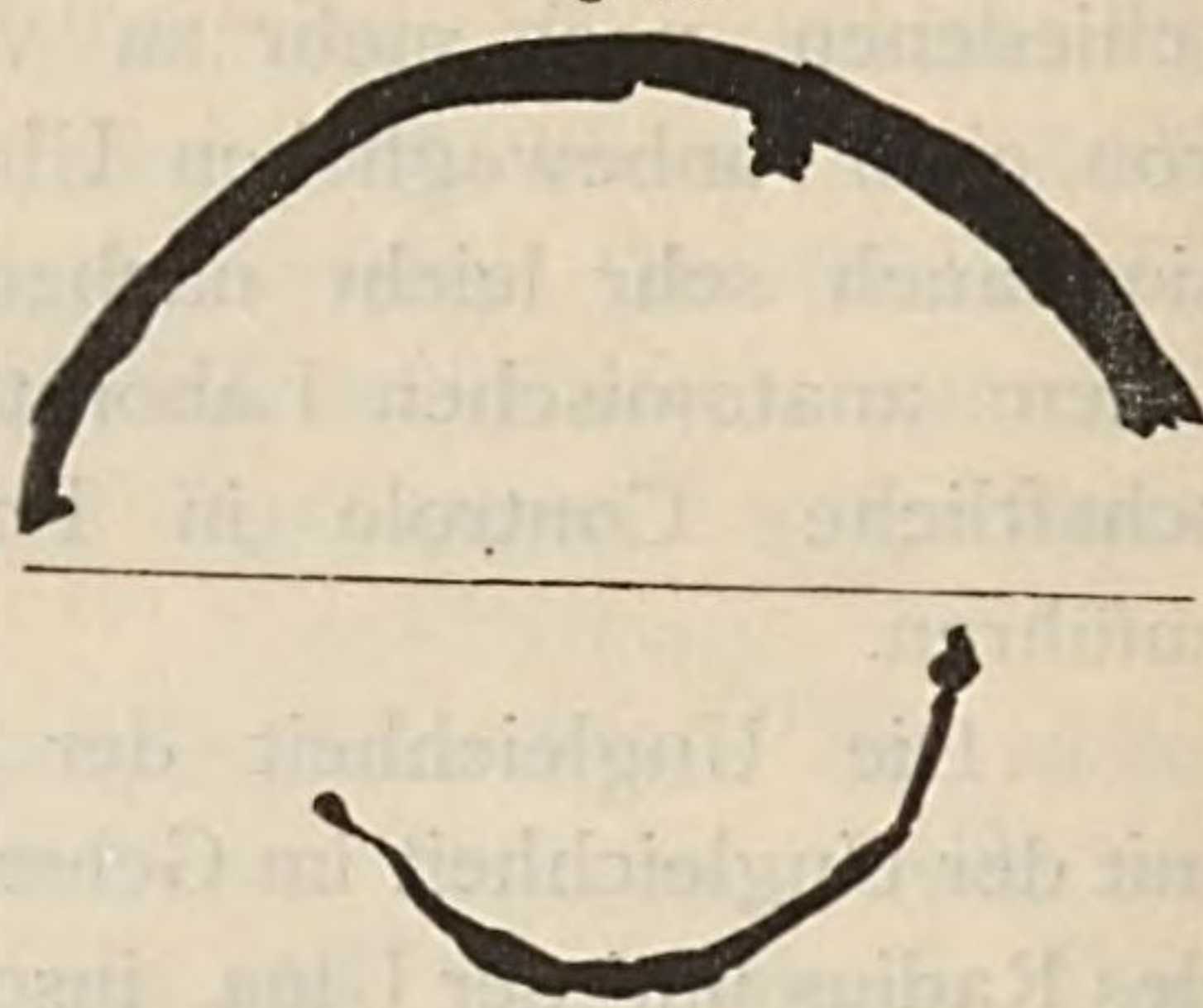
Die zwei in den Figuren 28 und 29 abgedruckten Curven

Fig. 28.



Eine 33-jährige weibliche Leiche, linker Arm. Finger markirt. In die dem Raume zwischen dem III. und IV. Finger entsprechende Stelle der unteren, knorpeligen Fläche des Radius, wo die Meisten einen Bohrer fassen, ein Metallstift hineingetrieben, Drehung ausgeführt; Supination Nullpunkt.

Fig. 29.



Dieselbe Leiche. Linker Arm. Der Metallstift weggenommen, der Lecomte'sche Ring allein angelegt, Drehung ausgeführt; Supination Nullpunkt. Man sieht, wie diese zwei Figuren sich decken.

verdienen eine aufmerksame Vergleichung. Die erste liefert den experimentellen Beweis an der Leiche dafür, dass die gewöhnliche Art und Weise einen Bohrer u. dergl. zwischen dem III. und IV. Finger zu fassen, bei der relativ kleinsten Ortsveränderung der beiden Knochen, die grösste Drehung erzeugt. Dasselbe Resultat, das will sagen ganz übereinstimmende Curven erreicht man, wie Fig. 29 es angibt, durch die Anlegung des Lecomte'schen Ringes und das Princip des Ringexperimentes liegt ja auch darin, dass die grösste Drehung gleichzeitig mit der kleinsten Ortsveränderung zu Stande gebracht wird. Man wird bemerken, dass diese beiden Curven Fig. 28 und 29 sich fast decken.

Es lässt sich also beweisen, 1. dass sich die Ulna bei der Drehung des Vorderarms mitbewegt, 2. dass diese Bewegung eine regelmässige und zwangsläufige ist, 3. dass die Axe der Ulnabewegung für gewöhnlich etwa 1.2 Ctm. vom Proc. styl. ulnae entfernt ist und dass das untere längere Ende nach der Mantelfläche des einen längeren Kegels und das obere, kurze

Ende, das Olecranon, nach der Mantelfläche eines anderen conformen Kegels sich bewegt, dass die beiden gegen einander gerichteten Kegeln ihre gemeinsame Spitze in der Fossa sigmoidea haben, so dass der Ausschlag am unteren Ende nur deswegen deutlicher beobachtet wird, weil der Hebelarm um so länger ist. 4. In diesem Schema hat man jetzt die allgemein angenommene Bewegung des Radius um eine durch die Köpfe des Radius und der Ulna gehende Axe einzuordnen, insofern diese Bewegung zwar ausgeführt, die Axe aber gleichzeitig in einem der Ortsveränderung des Proc. styl. radii entgegengesetzten Sinne bewegt wird. 5. Die Drehungen des Vorderarms werden somit gegenseitig vicariirende Functionen der beiden Knochen, welche beide rotiren; der Ausschlag des Radius ist zwar in der Regel der grössere; es kann aber auch die Ulna allein rotiren.

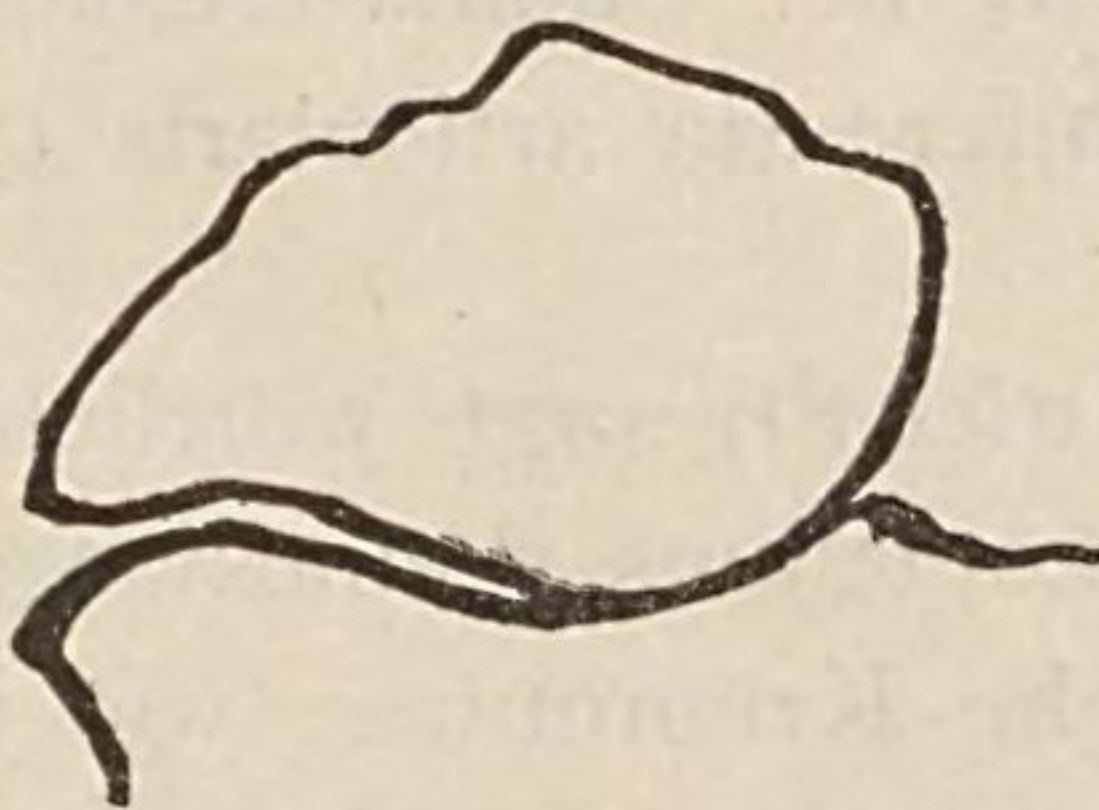
Capitel VII.

Incongruenz der Gelenktheile.

Wenn so viele Forscher von einer vollständigen Uebereinstimmung des positiven und des negativen Theiles des Ellenbogengelenkes sprechen, so kann man solches kaum anders erklären, als einen Ausschlag von älteren teleologischen Anschauungen, welche als tiefe Naturbewunderung zu Tage treten. Bei der ersten oberflächlichen Beobachtung sind diese bläulichen, glänzenden Knorpelflächen schon sehr schön und anscheinend aneinander passend. Für die Schätzung verschiedener Biegungsverhältnisse sind aber unsere Augen lange nicht ausreichend eingeübt. Es darf somit kaum Jemanden geben, welcher im Stande wäre, Theile einer grösseren Ellipse mit solchen eines Kreises von anscheinend ähnlicher Grösse zu unterscheiden. Jeder muss aber zugeben, dass eine unbedeutende Ungenauigkeit im hervorspringenden First der Fossa sigm. ulnae mit der Vertiefung der Trochlea humeri verglichen, leicht eine seitliche Bewegung des Capitulum ulnae unten von nur 2 Ctm. erlauben könnte. Schon die Plasticität des knorpeligen Ueberzuges sollte nicht sehr zur Geltung kommen, um eine solche kleine Abweichung zu erlauben. Untersucht man dann „mit dem geschärften Blicke des Misstrauens“ diese anatomischen Theile, wie sie sich an einer frischen Leiche zeigen, dann wird man hier wie überall an den Gelenken eine Incongruenz finden, welche Thatsache fast als Ausdruck eines Gesetzes aufgefasst werden kann. Verfertigt man nach Schmid-Aeby Wachsabgüsse, tritt die Ungenauigkeit fast überall mit der grössten Deutlichkeit zu Tage.

Im Ellenbogengelenke ist der Spielraum sehr gross. Man findet somit, dass die Fossa olecrani an der hinteren Seite des Humerus breiter ist als das Olecranon selbst, und die Folge dieser so einfachen mechanischen Anordnung ist die, dass die Ulna selbst in höchster Streckung die für eine zweckmässige Pronation und Supination nöthige, seitliche Bewegung ausführen kann. Zweitens ist der Mangel an Uebereinstimmung zwischen der Trochlea und der Fossa sigmoidea ulnae so hervortretend, dass derselbe schon ohne Messung in die Augen springt, wie Figur 30 es zeigt, welche einfach die Contour zweier Säge-

Fig. 30.



Sägeschnitt durch den Processus coronoideus ulnae und die Trochlea humeri, um die grosse Incongruenz zu zeigen. Rechter Arm untere Sägefläche.

schnitte durch den Processus coronoideus ulnae und durch die Trochlea wiedergibt.

In der Literatur finde ich von der nicht correspondirenden Form der Trochlea und der Ulna wenig bemerkt. Duchenne sagt in seiner Physiologie des mouvements, Paris 1867, pag. 133: „Qu'on explique ou non, le mouvement latéral du cubitus, pendant la pronation ou la supination, est donc incontestable.“ Koster⁵³⁾ nennt die Articulatio humero-ulnaris ausdrücklich ein Sattelgelenk, und Lecomte³³⁾ spricht sich auch ganz bestimmt gegen die von vielen Forschern angenommene vollkommene Congruenz aus. Von den beiden Circumferentiae articulares des Radius oben und der Ulna unten finden sich die folgenden Aeusserungen:

Günther¹⁾ gibt den Halbdurchmesser der Gelenkfläche des Ulnaköpfchens zu 7''' , denjenigen der Incisurae semilun. radii zu 11 $\frac{1}{2}$ ''' an.

Hermann Mayer²⁾ schreibt auch:

¹⁾ Das Handgelenk. Zweite Ausgabe, Hamburg 1850. Tafel V, Fig. 3.

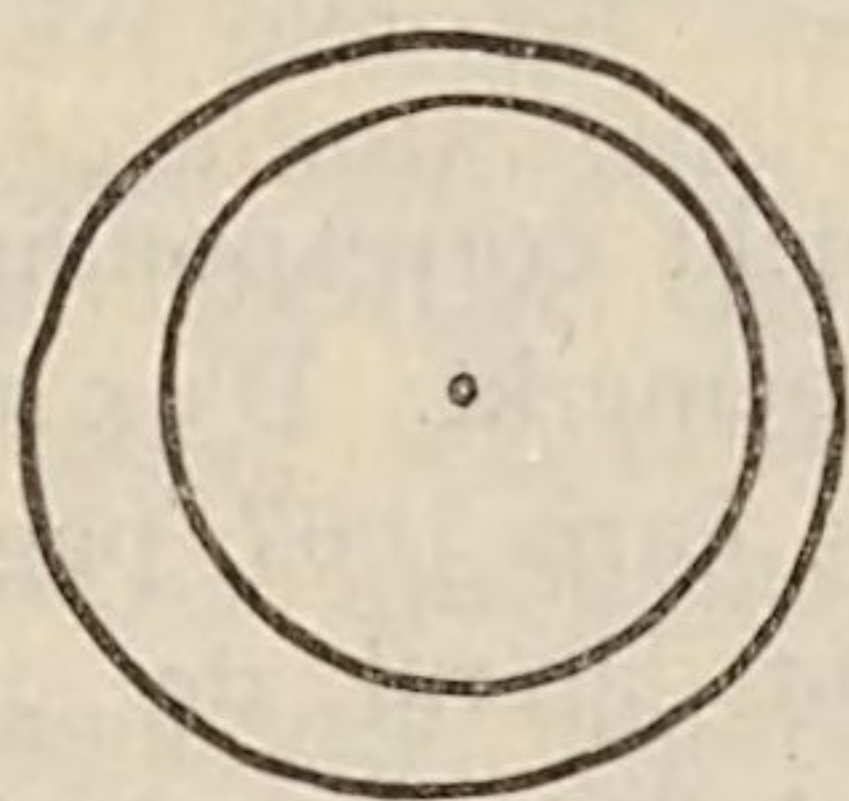
²⁾ Archiv f. Anat. u. Phys. 1866, S. 474.

„Ein Schnitt durch die Circumferentia articularis (radii) parallel der Fovea glenoides zeigt, dass die Circumferentia articularis nicht drehrund ist.“ S. 475: „Der Krümmungshalbmesser der Incisura semilunaris minor der Ulna ist merklich grösser als derjenige der anliegenden inneren Seite der Circumferentia articularis (radii); ich fand an dem von mir vorzugsweise untersuchten Exemplare den Krümmungshalbmesser der bezeichneten Stelle der Circumferentia articularis 12 Mm. und denjenigen der Incisura semilunaris minor der Ulna 15 Mm. — die letztere wird daher auch in der mittleren Lage nicht ganz durch das Capitulum radii ausgefüllt; dagegen schliessen in der Pronationslage und in der Supinationslage die längeren Seiten des durch die Circumferentia articularis gebildeten Ovals genau an ihr an.“

Hermann Welcker¹⁾ sagt wörtlich: „Die Circumferentia articularis des Ulnarköpfchens, keineswegs kreisförmig zu x der Fig. 5, hat eine solche Krümmung, wie jener wandernde Drehpunkt sie erfordert.“

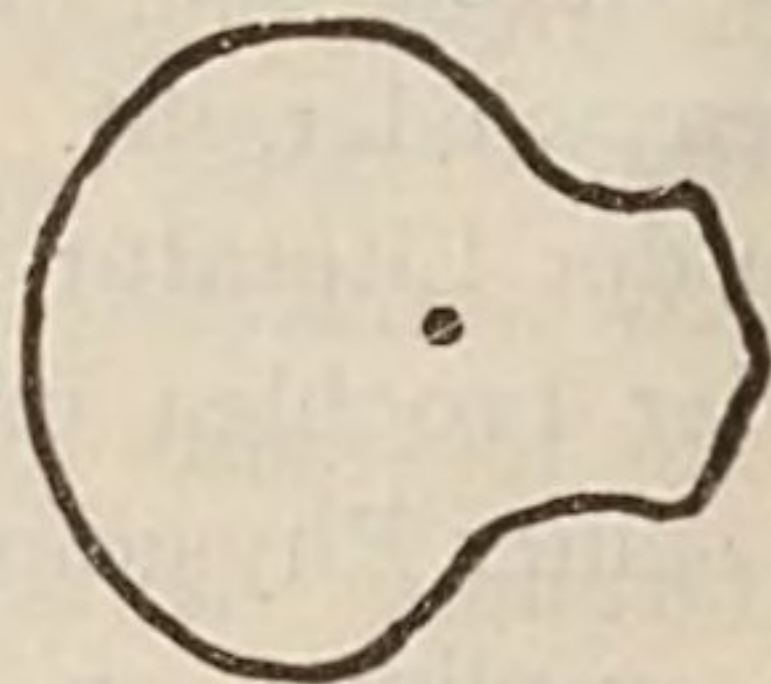
Von meinen eigenen Notizen theile ich die Figuren 31 und 32 mit, aus welchen man ersieht, dass das Centrum der

Fig. 31.



Skizze der oberen Fläche des rechten Radiusköpfchens einer 35-jährigen, männlichen Leiche. Man sieht die Grenze der Fovea einen in eine Ellipse eingesetzten Kreis bilden.

Fig. 32.



Skizze eines Sägeschnittes des rechten Ulnaköpfchens derselben Leiche.

Fovea capituli radii mit dem Centrum der Circumferentia articularis desselben Knochens nicht zusammentrifft, ferner dass ein Sägeschnitt des Capitulum ulnae keinen Theil eines Kreises bildet. Man wird mit Günther l. c. finden, dass die Krümmung der Incisura semilunaris radii einem weit grösseren Rotationskörper gehört als die Circumferentia articularis ulnae. Dieses geht auch ganz deutlich aus den nach Photographien gezeichneten und hierselbst mitgetheilten Figuren 12 und 18 hervor.

¹⁾ Archiv f. Anat. u. Phys. 1875, S. 20.

Von der Ellipsenform des Capitulum radii kann man sich am Lebenden durch einen sehr einfachen Versuch überzeugen. Man stelle den linken Arm in volle Supinationsstellung, fasse mit der rechten Hand um den linken Ellenbogen, und zwar so, dass der Zeigefinger die Eminentia capitata, der dritte Finger das leicht durchzufühlende Capitulum radii drückt, während der Daumen an der medialen Seite einen leichten Gegendruck ausübt. Macht man jetzt eine Pronationsbewegung, so wird ein Jeder gewahr werden können, dass das Radiusköpfchen den dritten Finger in die Höhe treibt, was natürlich nicht der Fall sein könnte, wenn das Köpfchen vollkommen rund wäre. Weil ein Sägeschnitt des Köpfchens aber eine Ellipse bildet, so wird das spitzere Ende der Ellipse bei der Drehung in die Höhe getrieben und als ein sich bewegender Körper gefühlt. An vielen Lebenden ist dieser Vorgang auch deutlich zu sehen. Bei Thieren, welche Pronationsbewegung haben, z. B. beim Bären und beim *Gulo borealis*, weicht trotz der mehr weniger regelmässigen Drehung die Form des Radiusköpfchens noch mehr vom Kreise ab.

Auf diese Weise findet also weder im humero-ulnaren, noch im humero-radialen, noch in den radio-ulnaren Gelenken eine vollständige, mechanische Adaption statt, welche eine kreisende Bewegung der Ulna hinderlich sein könnte. Von Seiten der Vertheidiger einer ausschliesslichen Radiusdrehung liesse sich somit kein in der morphologischen Beschaffenheit der Theile fussender Einwand gegen die Betheiligung der Ulna an der Drehung des Vorderarms in das Feld bringen. Können wir nun bei anderen Gelenken den Grund dieser Ungenauigkeit sehr oft nicht erklären und sind wohl gar gezwungen, die Verhältnisse auf phylogenetische Ursachen zurückzuführen: beim Ellenbogengelenke liegen die Verhältnisse so, dass die entwicklungsmässige Ursache hier sein mag, welche sie will, der Nutzen oder die Verwendung der in diesem Gelenke auftretenden Ungenauigkeit besteht jedenfalls darin, dass wir viel ausgiebigere Drehbewegungen mit der Hand auszuführen vermögen, als dies bei einer vollkommenen Congruenz der Gelenkflächen möglich wäre.

Capitel VIII.

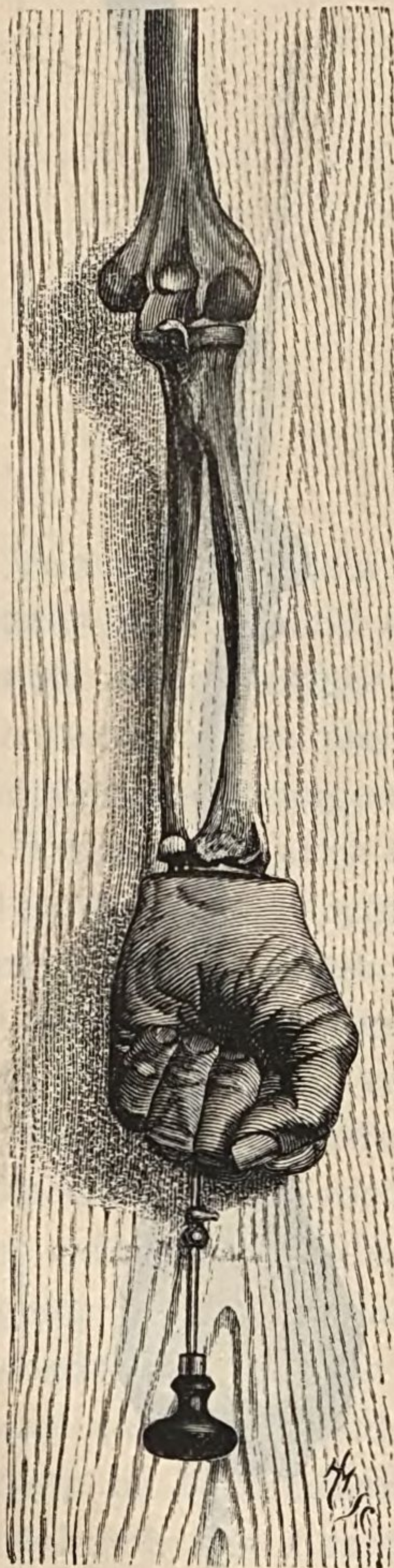
Modelle Fig. 33, 34, 35 und 36.

Es ist mir gelungen, den Mechanismus, welchen die hier mitgetheilten Curven voraussetzen, durch ein Modell darzustellen, welches ich diesmal in Metall und Holz ausgeführt habe. Die drei Knochen des Arms sind in Zinkguss hergestellt, während die Axen und die nach den Curven ausgearbeiteten Schlittenlinien in Messing und Stahl ausgeführt wurden. Dazu gehört eine mit einer drehbaren Metallstange versehene hölzerne Hand, welche sich unten anfügen lässt. Dadurch habe ich mir ein Modell verschafft, welches ich in der Sitzung der hiesigen Gesellschaft der Wissenschaften am 4. Mai 1883 vorgezeigt habe.

In die künstlichen Knochen sind zwei eiserne Stäbe angebracht, welche in ausgeschnittenen Schlittenlinien, einer grösseren für den Radius, einer kleineren für die Ulna, bewegt werden können und zwar um eine gemeinsame eiserne Axe. Aus praktischen Rücksichten sind diese Schlittenlinien Theile von Kreisen. Die eiserne Axe wird durch die hölzerne Hand durchgebohrt und repräsentirt am runden distalen Knopf einen gedachten Bohrer. Wenn man jetzt die Fig. 33 und 34 mit den voran abgedruckten Fig. 9, 10 und 11 vergleicht, dann wird man wahrnehmen, dass sich die Hand an diesem Modell nicht medial verschiebt, dass ein angebrachter Bohrer wirklich gedreht werden kann, was an allen früher

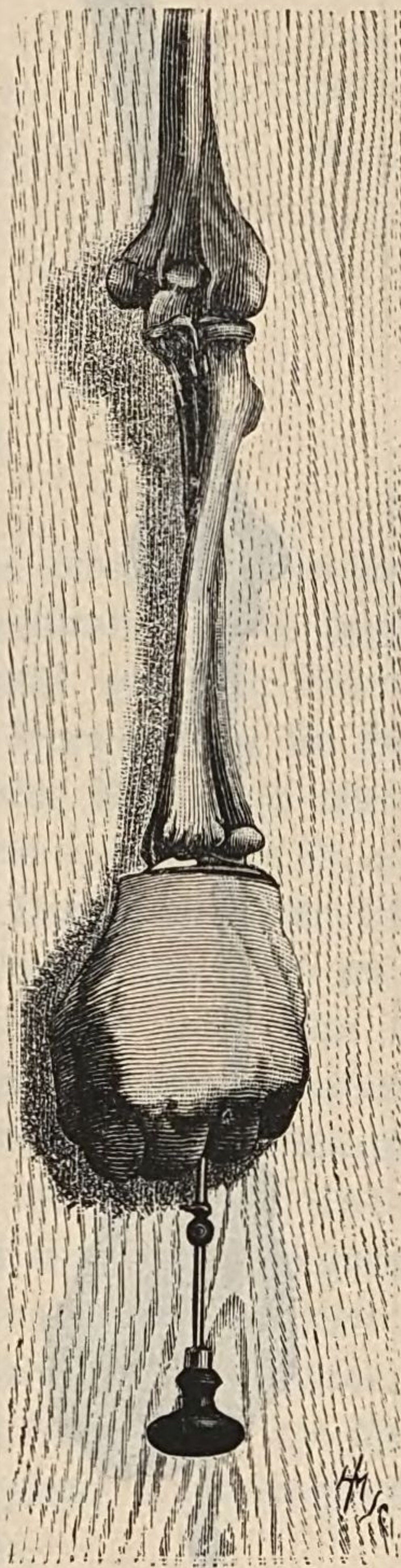
angegebenen Zeichnungen und Modellen nicht der Fall gewesen ist. Die oben besprochene Elasticität oder Adaption der Hand, welche darin besteht, dass die Hand nach verschiedenen Axen drehen kann, liesse sich auch durch Einsetzen von Schlitten-

Fig. 33.



Supinationsstellung.

Fig. 34.



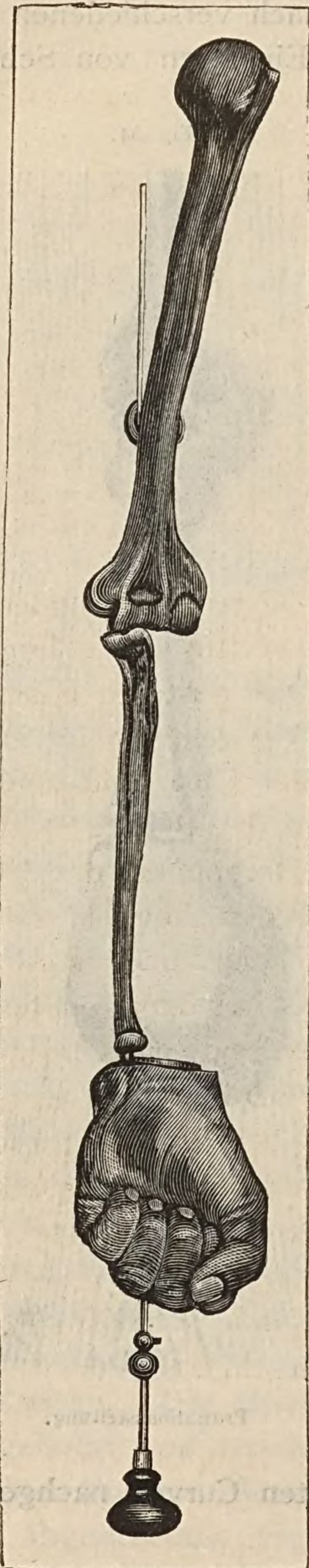
Pronationsstellung.

linien, welche den anderen mitgetheilten Curven nachgemacht sind, deutlich demonstrieren.

Die Figuren 35 und 36 sollen angeben, wie man sich die Bewegung der isolirten Ulna bei den Drehungen der Hand zu denken hat. Ebenso sollen die Figuren dazu dienen, die

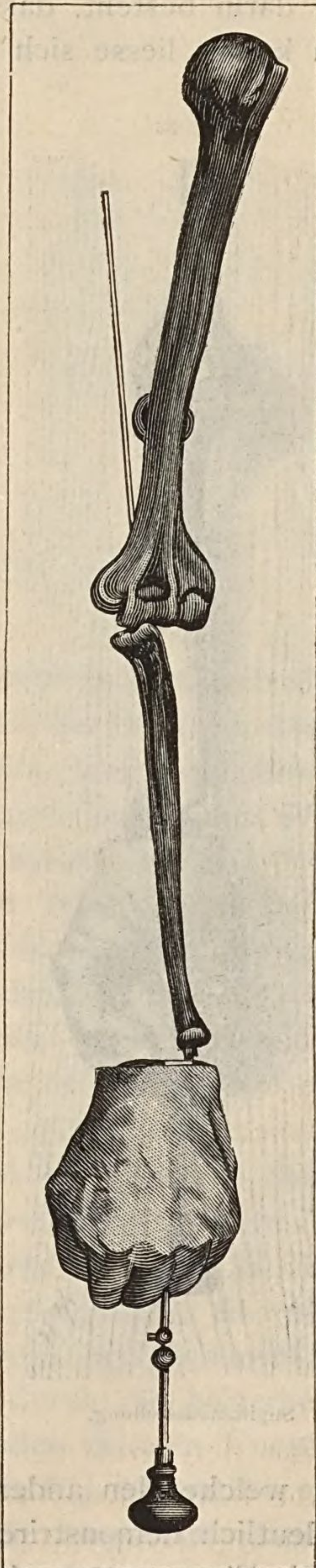
entgegengesetzten Verschiebungen des hierselbst so oft erwähnten

Fig. 35.



Supinationsstellung.

Fig. 36.



Pronationsstellung.

„verlängerten“ Olecranons zu veranschaulichen.

Capitel IX.

Muskelwirkung.

Von den Muskeln des Vorderarms erregen besonders der *Anconeus quartus* und der *Pronator quadratus* unser Interesse. Die mehr oder weniger horizontal frontal gestellte Faser des *Anconeus* bieten nichts gegen eine Verwendung im Dienste der kegelmantelförmigen Bewegungen der Ulna, und eine ähnliche Wirkung ist auch schon sowohl von *Lecomte*³³⁾ als von *Koster*⁵³⁾ erwähnt worden. Da der Drehpunkt der Ulnabewegungen in der *Fossa sigmoidea* zu liegen kommt, so wird dieser Drehpunkt in den Muskel selbst fallen und man muss, meiner Theorie nach, voraussetzen, dass bei der Pronation der Hand, bei welcher Bewegung das untere Ende der Ulna lateral, das *Olecranon* aber medial verschoben wird, nur die unteren Fasern contrahirt werden, während bei der entgegengesetzten Bewegung — der Supination — die oberen Fasern allein sich zusammenziehen. Gegen eine solche partielle Contraction lässt sich auch nichts einwenden, denn unsere Aufstellung von Muskelindividuen ist bekanntlich nicht physiologisch, sondern geschieht hauptsächlich aus didaktischen Gründen.

Der *Pronator quadratus* hat nach meiner Meinung wenig mit der Pronation zu thun, seine Hauptwirkung besteht darin, die beiden Knochen fest aneinander zu halten, um gegen die durch die Incongruenz zwischen den beiden *Capitulis* und *Incisuris semilunaribus* sonst leicht hervortretende Schlotterung direct zu wirken. Von der Incongruenz kann sich ein Jeder durch die Anschauung allein überzeugen und ich betrachte

dieselbe als ein unzweifelhaftes Factum. Der Muskel wirkt also wie ein angeschmiegener Gummiring. An Leichen wird man auch durch Wiederholung meiner Versuche finden, dass die Curven schöner sind, wenn man einen knappen Gummiring an der Stelle des Pronators quadratus anlegt und diese Erscheinung stützt jedenfalls meine Auffassung. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Pronator quadratus alle Pronatoren und Supinatoren unterstützt, insofern dass bei einer Contraction, z. B. des Pronator teres, die Verschiebung der beiden Knochen an Sicherheit dadurch gewinnt, dass die incongruenten Gelenkflächen nicht gegen einander wackeln.

Capitel IX.

Die Muskeln des Oberarmes.

Von der Wirkung des Pronators quadratus ist schon oben die Rede gewesen. Derselbe ist ein sehr wichtiger Muskel, der die Pronation des Oberarmes bewirkt. Er ist ein breiter, flacher Muskel, der am oberen Ende des Humerus entspringt und sich nach unten und hinten zum Olecranon des Ulna verläuft. Seine Faserung ist sehr dicht und parallel zur Richtung der Bewegung. Er ist ein sehr wichtiger Muskel, der die Pronation des Oberarmes bewirkt. Er ist ein breiter, flacher Muskel, der am oberen Ende des Humerus entspringt und sich nach unten und hinten zum Olecranon des Ulna verläuft. Seine Faserung ist sehr dicht und parallel zur Richtung der Bewegung.

Der Pronator quadratus ist ein sehr wichtiger Muskel, der die Pronation des Oberarmes bewirkt. Er ist ein breiter, flacher Muskel, der am oberen Ende des Humerus entspringt und sich nach unten und hinten zum Olecranon des Ulna verläuft. Seine Faserung ist sehr dicht und parallel zur Richtung der Bewegung. Er ist ein sehr wichtiger Muskel, der die Pronation des Oberarmes bewirkt. Er ist ein breiter, flacher Muskel, der am oberen Ende des Humerus entspringt und sich nach unten und hinten zum Olecranon des Ulna verläuft. Seine Faserung ist sehr dicht und parallel zur Richtung der Bewegung.

Capitel X.

Verschiedenes.

Diejenige Bewegung, welche man im täglichen Leben die Drehung der Hand nennt, ist in den meisten Fällen eine zusammengesetzte Function von mehreren Gelenken. Das Schultergelenk und die beiden Radio-Ulnargelenke sind die Hauptcomponenten, das Handgelenk und das Ellenbogengelenk haben aber auch ihren Antheil, ein Verhältniss, welches beim ersten Blicke nicht in die Augen springt, besonders da die Axe des letzterwähnten Gelenkes fast lothrecht auf die Längsrichtung des Oberarmes steht.

Die Untersuchung über die verschiedenen Factoren, welche hier im Spiele sind, müsste nothwendigerweise sowohl analytisch als synthetisch sein.

Eine Stellung, welche gewiss Jeder kennt, ist diejenige, wenn ein Kellner einen harten Korkpfropfen durchzubohren oder ein Tischler durch ein Brettchen aus hartem Holze mittelst eines Bohrers zu dringen hat. Dem Cadaveranatomem sowohl als dem Buchgelehrten, welche die Functionen der Pronation und Supination der Hand neulich studirt, würde es nahe liegen zu glauben, dass man einfach um die zwei radio-ulnaren Gelenke die Hand drehte; dann sollte der Arm gerade gestreckt sein und die Hand drehen. Die gewählte Stellung ist aber diese. Der Oberarm etwas abducirt, der Ellenbogen stark flectirt, die Hand etwas adducirt und halb pronirt; die Drehung wird jetzt auf die Weise zu Stande gebracht, dass der Ellenbogen „schlägt“, das will sagen, dass er um eine Axe, welche durch die Hand

und durch den Humeruskopf geht, Ausschläge von 30° — 40° macht, und abwechselnd dem Bruskasten genähert oder entfernt wird, während die Hand aus halber Pronation in Supinationsstellung gebracht wird. Wenn man sich dieses erst vergegenwärtigt hat, muss man unwillkürlich an das bekannte Tischlerwerkzeug, Centrumsbohrer, denken, an welchem ein Bogen sich um zwei vollständig isolirte Endstücke einer gemeinsamen Axe dreht. Der Tischler benutzt zwar selten sein Werkzeug auf diese Weise; vielleicht einmal um an einem festsitzenden Schrauben zu rütteln, macht er so kleine Bögen als 40° , denn gewöhnlich wird das Instrument mehrmals vollständig umgedreht; allein man wird ersehen, dass der Mechanismus gänzlich derselbe ist. In diesem Falle wird also der zwischen dem III. und IV. Finger gefasste Bohrer besonders durch die Drehung des Humeruskopfes rotirt und die eigentliche Supination und Pronation wird sehr wenig in Beschlag genommen.

Um die isolirten Drehungen der Hand zu erklären, braucht man aber nicht an die Drehung des Humerus (Winslow⁵⁾, Einthoven⁴⁵⁾ u. A.) zu recurriren, das beweisen meine vielen Curven, welche alle bei unverrückbar festgenageltem Humerus ausgeführt sind.

Bei gestrecktem Arm ist die Drehung der Hand durch Verbindung der Radio-Ulnargelenke mit der Rotation des Schultergelenkes ungefähr 270° , zieht man hiervon 160° für die Radio-Ulnargelenke ab, so bekommt man für die gewöhnliche Stellung mit abducirtem, gestreckten Arm eine Drehung des Humerus im Schultergelenk von 110° . Von einer so ausgiebigen facultativen Drehbewegung, wie diejenige des Humerus, macht man natürlich im gewöhnlichen Leben unbewusst sehr leicht Gebrauch, und man kann die Drehung noch grösser machen, wenn sich, wie schon Monro⁶⁾ erwähnt, der ganze Körper daran theiligt.

W. Einthoven⁴⁵⁾, ein Schüler Koster's, hat mit dem Lecomte'schen Ringe gearbeitet und findet auch, dass die Ulna an der Pronation und Supination theilnimmt, bestreitet aber den Satz, dass der Humerus während dieser Drehung stillstehen kann und behauptet, dass der Ausschlag des Capitulum ulnae sich aus einer kleinen Streckung im Ellenbogengelenke und aus einer leichten Drehung des Humerus um seine Längsaxe zusammensetzt, weil man bei gebogenem Arme während

der Pronation eine kleine Bewegung der beiden Epicondylus humeri spürt. Ich habe an verschiedenen, männlichen und weiblichen Individuen den Einthoven'schen Versuch nachgemacht, kann aber seiner Ansicht nicht beitreten. Es ist zwar richtig, dass Jeder, welcher bei gebogenem Arm Pronations- und Supinationsbewegungen ausführt, den Humerus unwillkürlich ein Bischen dreht. Man kann aber bei geschlossenen Augen des Betreffenden ebenso ausgiebige, passive Drehbewegungen ausführen, ohne an den Epicondylen die leiseste Bewegung zu spüren. Der Einthoven'sche Versuch beweist somit nur, dass wir unbewusst, selbst wo es nicht gerade nothwendig ist, den Humerus mitdrehen, wenn wir Pronations- und Supinationsbewegungen bezwecken, aber mit den Functionen der Radio-Ulnargelenke hat diese Drehung des Oberarms nichts zu thun.

Es liesse sich einen Mechanismus, ungefähr wie denjenigen zwischen dem Atlas und dem Epistropheus denken, welcher Mechanismus erlauben würde, die Hand um einen unbeweglichen Vorderarm zu drehen. Die ellipsoidförmigen Gelenktheile der unteren Enden des Radius und der Cartilago triangularis erlauben auch schon kleine Rotationsbewegungen, welche durch kleine Wackelbewegungen in den Carpal- sowohl als in den Carpo-Metacarpal-Gelenken etwas vergrössert werden können. Experimentell lässt sich auch eine solche Drehung darthun. Wenn man nämlich die Hand gut fixirt, den Arm im Ellenbogen in einem rechten Winkel flectirt, so ist man im Stande, activ die beiden Vorderarmknochen gegen die feste Hand so weit zu drehen, dass der Proc. styloideus radii einen Ausschlag von 1 bis 2 Ctm. macht. Versucht man aber die Hand activ gegen den fixirten Vorderarm zu drehen, so gelingt solches durchaus nicht. Dieses stellt sich zwar als ein Widerspruch dar, man findet aber ähnliche Erscheinungen an vielen anderen Gelenken, insoferne bei den meisten Menschen eine passive Beweglichkeit, welche die active graduell übertrifft, zu constatiren ist. Die Kautschukmänner im Circus erzwingen unsere Bewunderung durch die ausserordentliche Biegsamkeit ihrer Gelenke, es ist jedoch wohl als eine anatomische Thatsache aufzustellen, dass die betreffenden Gelenkflächen nicht grösser als gewöhnlich sind. Das Resultat erreichen diese Artisten dadurch, dass sie erstens einige Muskeln zur stärkeren Contraction innerviren, und zweitens dadurch, dass sie die Antagonisten in hohem Grade erschlaffen können. In

Bezug auf die uns hierselbst interessirenden Gelenke des Carpus steht nach meiner Meinung nichts entgegen, dass man die Strecker und Beuger des Carpus einüben könnte, um die Hand gegen den fixirten Vorderarm drehen zu können. Bis jetzt habe ich aber Niemanden gefunden, welcher im Stande wäre, eine solche Drehung auszuführen und man ist in Folge dessen berechtigt, die Ausdrücke Drehung der Hand und Drehung des Vorderarms als synonym zu betrachten.



URBAN & SCHWARZENBERG IN WIEN UND LEIPZIG.

Lehrbuch der Physiologie des Menschen

einschliesslich der

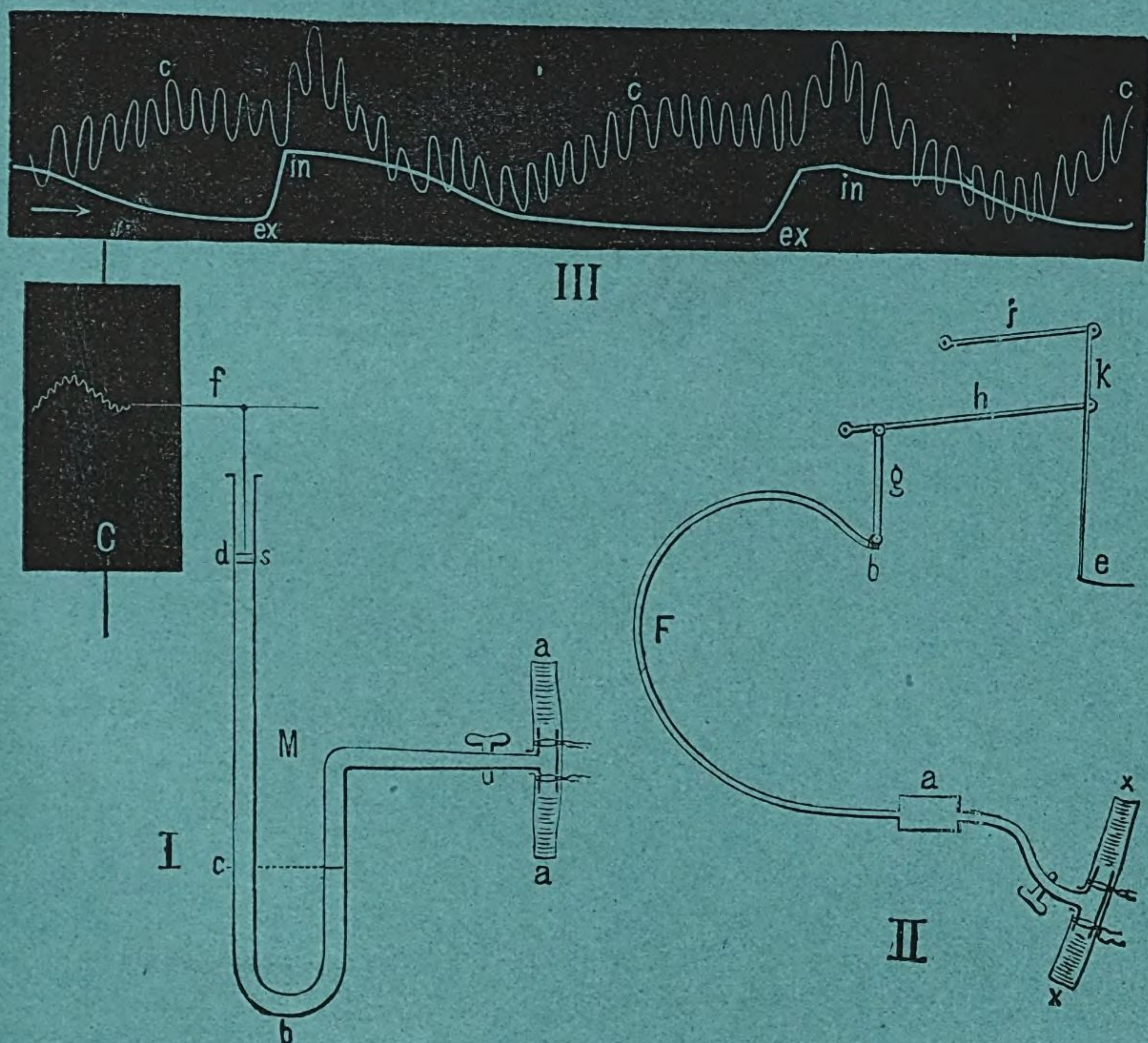
Histologie und mikroskopischen Anatomie.

Mit besonderer Berücksichtigung der praktischen Medicin.

Von

Dr. L. LANDOIS,

ord. öff. Professor der Physiologie und Director des physiolog. Instituts d. Universität Greifswald.



Vierte verbesserte Auflage.

Mit zahlreichen Holzschnitten.

Erste und zweite Abtheilung (Bog. I—32).

Erscheint in 4 Abtheilungen, welche im Laufe des Jahres 1884 zur Ausgabe gelangen.

Prels jeder Abtheilung 3 fl. ö. W. = 5 Mark broschirt.

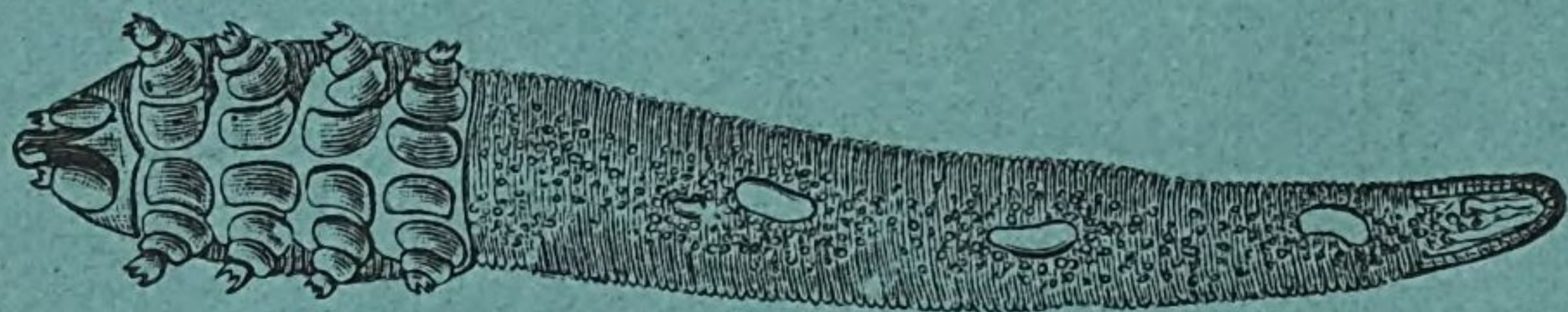
URBAN & SCHWARZENBERG IN WIEN UND LEIPZIG.

Handbuch
der
speciellen Pathologie und Therapie
für
praktische Aerzte und Studierende.

Von

Dr. HERMANN EICHHORST,

o. ö. Professor der speciellen Pathologie und Therapie und Director der medicinischen Universitäts-Klinik in Zürich.

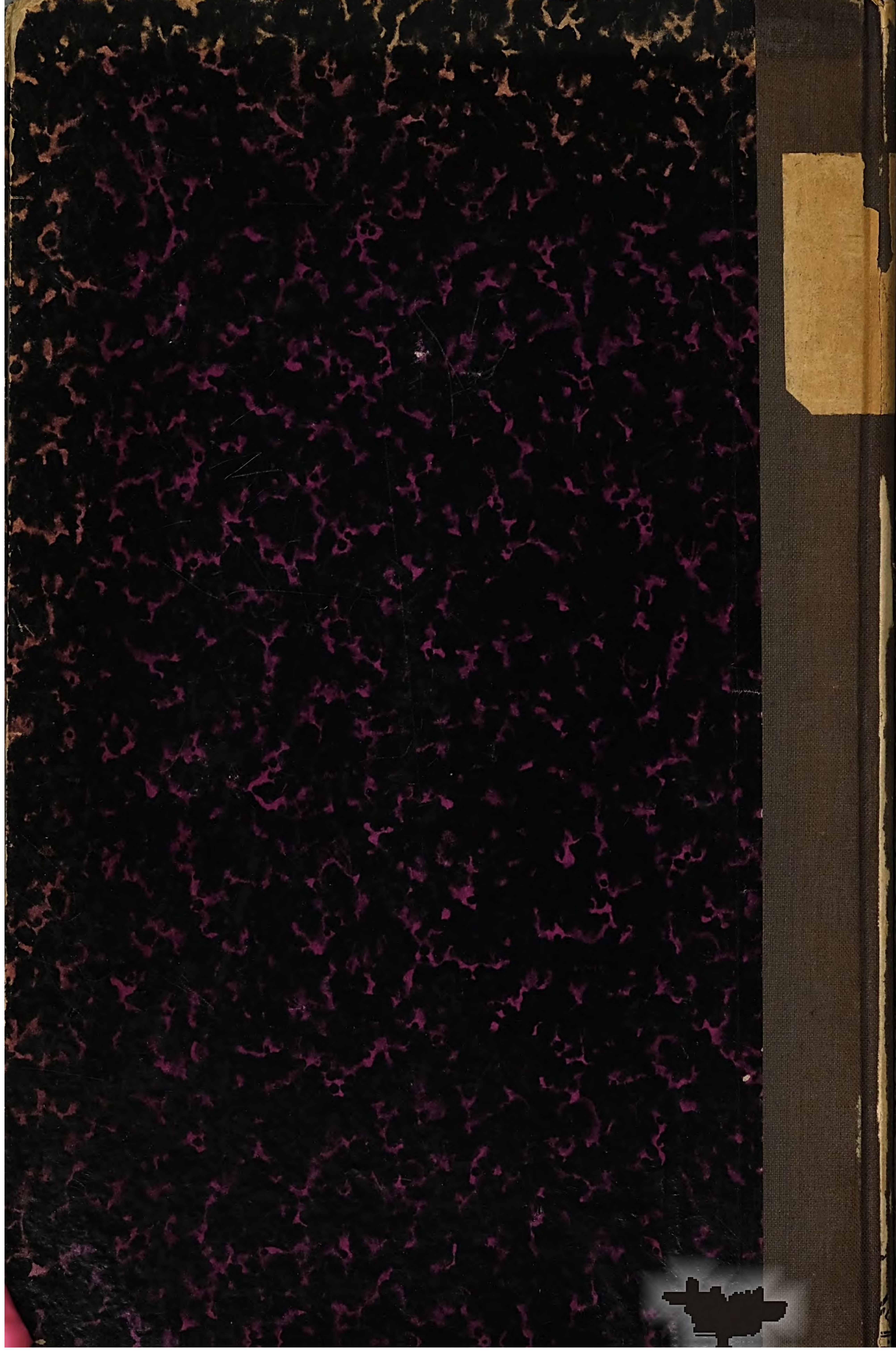


Erster Band. Preis: 10 fl. 80 kr. ö. W. = 18 Mark broschirt;
12 fl. ö. W. = 20 Mark elegant gebunden.

2 Bände von je ca. 60 Bogen Umfang mit zahlreichen Holzschnitten.

Erscheint in Heften von 3—4 Bog. zum Preise von à 60 kr. ö. W. = 1 Mark.

Erschienen sind Heft 1—34. (Band I. complet und Bd. II. Heft 1—16.) Fortsetzung folgt
sehr rasch; Ostern 1884 wird das Werk complet sein.



Heiberg, Jacob

Ueber die Drehungen der Hand Historisch und experimentell bearbeitet von
Jacob Heiberg. Mit 36 in den Text gedruckten Holzschnitten

Wien 1884

Anat. 210 d

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11549911-3